



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**ATRIBUTOS EDÁFICOS COMO INDICADORES DE  
QUALIDADE AMBIENTAL EM ÁREA DE  
REFLORESTAMENTO MISTO**

**JOÃO HORACIO DANTAS ALMEIDA DE GOES**

**2015**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**JOÃO HORACIO DANTAS ALMEIDA DE GOES**

**ATRIBUTOS EDÁFICOS COMO INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL  
EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO MISTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador  
Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira

SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE – BRASIL  
2015

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

G598a      Goes, João Horácio Dantas Almeida de  
Atributos edáficos como indicadores de qualidade ambiental em  
área de reflorestamento misto. / João Horácio Dantas Almeida de  
Goes ; orientador Robério Anastácio Ferreira. – São Cristóvão,  
2015.  
57 f. : il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) –  
Universidade Federal de Sergipe, 2015.

1. Agronomia. 2. Reflorestamento. 3. Indicadores ambientais.  
I. Ferreira, Robério Anastácio, orient. II. Título.

CDU 630\*233

**JOÃO HORACIO DANTAS ALMEIDA DE GOES**

**ATRIBUTOS EDÁFICOS COMO INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL  
EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO MISTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 28 de Setembro de 2015.

Prof. Dra. Renata Silva Mann  
UFS

Prof. Dra. Marla Ibrahim Uehbe de Oliveira  
UNIT

Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira  
UFS  
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO  
SERGIPE – BRASIL

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Universidade Federal de Sergipe, em especial ao Programa de Pós Graduação em Agricultura e Biodiversidade pela oportunidade.

Ao Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, em especial ao Prof. Dr. José do Patrocínio Hora Alves, Diretor Presidente do ITPS, e à Lúcia Calumby B. de Macedo, Diretora Técnica do ITPS, pela parceria e aporte de recursos.

À Votorantim Cimentos, pela colaboração e por ter disponibilizado a área para estudo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira, pela orientação ao longo desses dois anos.

À Prof. Dra Renata Silva Mann, pelos ensinamentos e atenção ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Alceu Pedrotti, pela colaboração no trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco Sandro Rodrigues Holanda, pelos ensinamentos e amizade.

Aos amigos mestres, Janisson de Jesus e Leila Albuquerque, pela paciência, cumplicidade e ajuda nesses dois anos.

Aos meus pais, Horacio e Adriene, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos.

À minha irmã, Juliana, amiga e companheira de sempre.

À minha família, avós, tios e primos, que me proporcionaram grandes e valiosos momentos, amizades e ensinamentos. Um abraço especial para tia Margot, por ter puxado a “fila” do mestrado e doutorado na família.

Aos meus amigos e amigas, pela companhia, amizade e suporte.

Enfim, obrigado a todos que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
4. ARTIGO 1: INDICADORES EDÁFICOS EM TOPOSSEQUÊNCIA, EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO MISTO, NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS – SE.....	14
Resumo.....	14
Abstract .....	15
4.1. Introdução .....	16
4.2. Material e Métodos .....	16
4.3. Resultados .....	23
4.4. Discussão .....	27
4.5. Conclusões .....	31
4.6. Referências Bibliográficas .....	32
5. ARTIGO 2: RELAÇÃO DA VEGETAÇÃO COM O SOLO DA TOPOSSEQUÊNCIA EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO MISTO NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS – SE.....	37
Resumo.....	37
Abstract .....	38
5.1. Introdução .....	39
5.2. Material e Métodos .....	40
5.3. Resultados e Discussão .....	47
5.5. Conclusões .....	52
5.6. Referências Bibliográficas .....	53
ANEXOS .....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Localização da área de estudo na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, localizada na Fazenda Brandão, no município de Laranjeiras – SE .....	17
2	Área de estudo antes da implantação do Projeto de Compensação Ambiental, com o monocultivo de cana de açúcar no ano de 2005, na Fazenda Brandão no município de Laranjeiras - SE (Fonte: FERREIRA et al., 2011) .....	18
3	Área do Projeto de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no ano de 2014, em Laranjeiras - SE: A- Vista Oeste/Leste da entrada da área de Compensação Ambiental; B- Vista Norte/Sul da confrontação oeste com a estrada que liga Nossa Senhora do Socorro a Laranjeiras; C- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Ombro; D- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Sopé.....	19
4	Mapa de situação das 30 parcelas experimentais na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE .....	20
5	Perfil Transversal da área estudada, apresentando um ponto do Sopé (A), um ponto da Meia Encosta (B) e um ponto do Ombro (C) na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE .....	21
6	Localização da área de estudo na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, localizada na Fazenda Brandão, no município de Laranjeiras – SE .....	40
7	Área de estudo antes da implantação do Projeto de Compensação Ambiental, com o monocultivo de cana de açúcar no ano de 2005, na Fazenda Brandão no município de Laranjeiras - SE (Fonte: FERREIRA et al., 2011) .....	41
8	Área do Projeto de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no ano de 2014, em Laranjeiras - SE: A- Vista Oeste/Leste da entrada da área de Compensação Ambiental; B- Vista Norte/Sul da confrontação oeste com a estrada que liga Nossa Senhora do Socorro a Laranjeiras; C- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Ombro; D- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Sopé.....	43
9	Mapa de situação das 30 parcelas experimentais na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE .....	44
10	Distribuição diamétrica da área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE, para área relativa ao Ombro, Meia Encosta e Sopé, expressa em número de indivíduos por hectare por classes de diâmetro, com amplitude de classe de 5 cm, a primeira classe iniciando em 5 cm, fechadas a esquerda .....	50
11	Estrutura vertical da área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE, para área relativa ao Ombro, Meia Encosta e Sopé, expressa em porcentagem de indivíduos por classes de altura, com amplitude de classe iniciando em 1,5 m, fechadas a esquerda .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Médias dos parâmetros observados, para os três sítios amostrais, quanto ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, no horizonte de 0-20 cm para a área de estudo, no município de Laranjeiras – SE .....	23
2	Médias dos parâmetros observados, para os três sítios amostrais, quanto ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, no horizonte de 21-40 cm para a área de estudo, no município de Laranjeiras – SE .....	25
3	Valores médios do número de indivíduos por sítio, localizados na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE .....	26
4	Correlação de Pearson entre os parâmetros analisados e fatores observados na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE .....	26
5	Análise química do solo para área relativa a Meia Encosta no ano de 2005, na área de compensação ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE .....	30
6	Análise química do solo para área relativa ao Sopé no ano de 2005, na área de compensação ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE .....	30
7	Estimativas dos maiores índices de valor de importância (IVI) das espécies amostradas na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, localizada no município de Laranjeiras – SE .....	47
8	Número de espécies (spp.) e de indivíduos (N); densidade absoluta (DA); valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP); área basal (AB); índice de diversidade de Shannon e Weaver (H'), na topossequência, da área de compensação ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE .....	49



**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

IQS	Índice de Qualidade do Solo
DA	Densidade Absoluta
DR	Densidade Relativa
FA	Frequência Absoluta
FR	Frequência Relativa
IVI	Índice de Valor de Importância
CTC	Capacidade de Troca Catiônica

## RESUMO

GOES, João Horacio Dantas Almeida de. **Atributos edáficos como indicadores de qualidade ambiental em área de reflorestamento misto em Laranjeiras – SE.** São Cristóvão: UFS, 2015. 57p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).\*

O uso de indicadores ambientais é importante para medir e monitorar o grau de sustentabilidade dos diferentes modelos de paisagens, uma vez que são capazes de informar a existência ou não de degradação, além de mensurar perturbações na sustentabilidade de um ecossistema. Sendo assim, se faz necessário a análise geral da composição da paisagem com os aspectos da distribuição espacial das características do solo, as relações de dependência com o relevo e a flora. Dessa maneira, o presente estudo foi realizado em uma área com aproximadamente 48 ha, localizada em Laranjeiras no estado de Sergipe, resultado do Projeto de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos que instalou, em 2005, um reflorestamento misto com 31 espécies nativas, onde antes era realizado o monocultivo de cana-de-açúcar. Após separar as 30 parcelas amostrais quanto a posição na topossequência (Ombro, Meia Encosta e Sopé), realizou-se a análise química de amostras de solo recolhidas em duas profundidades, 0-20 cm e 21-40 cm, assim como a comparação entre as espécies florestais arbóreas nos três sítios amostrais, de acordo com a estrutura horizontal e vertical, diversidade florística e distribuição diamétrica, com o objetivo de verificar a influência no desenvolvimento vegetativo das espécies encontradas na área, além de analisar, descrever e associar a diversidade e estrutura do componente arbóreo, compreender o comportamento, semelhanças e diferenças, do povoamento, de sua estrutura com o relevo e o solo da área e o seu potencial como indicadores de qualidade ambiental. Os resultados das análises químicas foram analisados através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. No horizonte de 0-20 cm, verificou-se maiores médias de Matéria Orgânica (34,53 g/dm<sup>3</sup>), CTC efetiva (60,35 cmolc/dm<sup>3</sup>), Sódio (0,407 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potássio (0,216 cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnésio (4,35 cmolc/dm<sup>3</sup>) e Cálcio (54,49 cmolc/dm<sup>3</sup>) no Sopé. No Ombro, observou-se o maior valor de Fósforo (30,61 mg/dm<sup>3</sup>). Para as análises químicas, no horizonte de 21-40 cm, foram observadas as maiores médias de Matéria Orgânica (21,03 g/dm<sup>3</sup>), CTC efetiva (56,57 cmolc/dm<sup>3</sup>), Sódio (0,502 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potássio (0,177 cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnésio (4,39 cmolc/dm<sup>3</sup>) e Cálcio (51,18 cmolc/dm<sup>3</sup>). Em relação as análises florísticas, as três espécies que apresentaram o maior IVI, no Ombro, foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (34,93%), *Cassia grandis* L.f (13,19%) e *Erythrina velutina* Willd. (7,64%). Para a Meia Encosta foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (28,8%), *Cassia grandis* L.f (17,83%) e *Syzygium cumini* (L.) Skeels (9,9%). Já para o Sopé, foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (36,08%), *Cassia grandis* L.f (18,12%) e *Lonchocarpus sericeus* (Pocr.) Kunth. (8,67%). Quanto a Densidade Absoluta o Ombro apresentou o maior valor (485 ind/ha), e o Sopé o menor (360 ind/ha), porém quando observada a Área Basal a Meia Encosta apresentou o maior valor (4,93 m<sup>2</sup>/ha) e o Sopé o menor (4,29 m<sup>2</sup>/ha). De modo geral observou-se que, o relevo foi o a maior responsável pela influência nos atributos químicos do solo através do fluxo de massa e deposição de nutrientes ao longo da topossequência, assim como representa uma importante fonte de variação do componente arbóreo, influenciando na distribuição das espécies, na diversidade e na representatividade, a matéria orgânica foi responsável pelo aumento da CTC efetiva, do Cálcio, Magnésio e Potássio ao longo da topossequência. Percebeu-se também que houve preferência de poucas espécies em ambientes distintos da topossequência.

**Palavras-chave:** indicadores ambientais, topossequência, recuperação ambiental.

---

\* Comitê Orientador: Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira – UFS (Orientador).

## ABSTRACT

GOES, João Horacio Dantas Almeida de. **Soil attributes as environmental quality indicators in mixed reforestation area in Laranjeiras - SE.** São Cristóvão: UFS, 2015. 57p. (Thesis - Master of Science in Agriculture and Biodiversity).\*

The use of environmental indicators is important to measure and monitor the degree of sustainability of the different models of landscapes, since they are able to report the presence or absence of degradation, and measure disturbances in the sustainability of an ecosystem. Therefore, it is necessary to overview the landscape composition with aspects of spatial distribution of soil characteristics, the dependency relationships with the provision of the terrain and the flora. The present study was conducted in an area with approximately 48 ha, located in Laranjeiras in the state of Sergipe, as a result of an environmental compensation project Votorantim Cimentos have installed in 2005, a mixed reforestation with 31 native species, where previously monoculture of sugarcane was held. After separation of the 30 sample plots to their position in the topossequence (Shoulder, Backslope and Footslope), the experiment was carried through the analysis of soil samples collected at two depths, 0-20 cm, 21-40 cm, as assess the similarities and/or differences between the topographical variations, a comparison was made between the forest tree species in the three topographical points studied, according to the horizontal structure, floristic diversity and diameter distribution. in order to check the influence on the vegetative growth of the species found in the area , as well as analyze, describe and link diversity and structure of the tree component , understanding the behavior , similarities and differences , the settlement of its structure with the relief and soil of the area and its potential as indicators of environmental quality. The analysis of soil samples was compared using the Tukey teste at 5% probability. For chemical analysis, in the 0-20 cm range, the highest average organic matter (34.53 g/dm<sup>3</sup>), effective CEC (60.35 cmolc/dm<sup>3</sup>), Sodium (0.407 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potassium (0.216cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnesium (4.35 cmolc/dm<sup>3</sup>) and Calcium (54.49 cmolc/dm<sup>3</sup>) were found in the Footslope, the Shoulder showed the highest amount of Phosphorus (30.61 mg/dm<sup>3</sup>). In the 21-40 cm range, were observed the highest levels of organic matter (21.03 mg/dm<sup>3</sup>), effective CEC (56.57 cmolc/dm<sup>3</sup>), Sodium (0.502 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potassium (0.177 cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnesium (4.39 cmolc/dm<sup>3</sup>), Calcium (51.18 cmolc/dm<sup>3</sup>) in the Footslope. The highest average Phosphorus (19.69 mg/dm<sup>3</sup>) was found in the Shoulder. The three species that had the highest IVI in the Shoulder, were *Shinus terebinthifolius* Raddi (34,93 %), *Cassia grandis* L.f. (13,19%) and *Erythrina velutina* Willd. (7,64 %). For Backslope were *Shinus terebinthifolius* Raddi (28.8%), *Cassia grandis* L.f. (17,83 %) and *Syzygium cumini* (L.) Skeels (9,9%). As for the Footslope were *Shinus terebinthifolius* Raddi (36,08 %), *Cassia grandis* L.f. (18,12 %) and *Lonchocarpus sericeus* (Pocr.) Kunth. (8,67%). As for the absolute density, the Shoulder presented the highest value (485 ind / ha), followed by Backslope (468.3 ind / ha) and the Footslope (360 ind / ha), but when viewed BA the Backslope showed the highest value (4.93 m<sup>2</sup> / ha), followed by Shoulder (4.92 m<sup>2</sup> / ha) and Footslope (4.29 m<sup>2</sup> / ha). In general, the terrain was the biggest responsible for the influence on soil chemical properties through the mass flow and deposition of nutrients along the toposequence and is an important source of variation of the tree component, influencing the distribution of species, diversity and representativeness. is an important source of variation of the tree component, influencing the distribution of species, diversity and representativeness. The study revealed that there preference by few species for distinct topossequence environments.

**Key-words:** environmental indicators, topossequence, environmental recovery.

---

\* Supervising Committee: Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira – UFS (Orientador).

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As ações antrópicas, seguidas de desmatamentos e ocupação indevida dos mais variados ecossistemas, promoveram uma severa diminuição da vegetação em todo o território brasileiro, trazendo como consequência a degradação ambiental. Isto pode ser percebido principalmente no bioma da Mata Atlântica, que hoje apresenta apenas 7,9% de remanescentes florestais com vegetação nativa (INPE, 2011).

A degradação ambiental é um processo que promove a diminuição qualitativa e quantitativa da capacidade de sustentação e potencial de produção de bens e serviços nos ecossistemas em geral, sendo assim uma problemática mundial que ocorre nos mais diversos ambientes. Diante deste cenário, a partir da década de 1980, aumentou-se a preocupação com as questões ambientais, com a manutenção e recuperação do meio ambiente, surgindo reuniões de âmbito mundial e trabalhos que visavam estudar as áreas degradadas. Segundo Rodrigues e Gandolfi (1996), a recuperação de ambientes degradados tem se tornado uma atividade crescente.

Recuperação ambiental é o termo utilizado para designar o uso de técnicas de manejo que tenham como objetivo o retorno das condições do ecossistema ao estado pré-perturbação, através da recuperação da flora, da fauna, dos solos, das funções e processos biológicos e das características da região circunvizinha (MITCHELL et al., 2000). Esse processo dependerá da estrutura mínima do ecossistema, sendo ela que definirá a resiliência e/ou resistência e o estado inicial, ou seja, o ponto anterior à recuperação e o momento em que o sistema evoluiu para um novo equilíbrio (PICKETT et al., 1989; ROOVERS et al., 2005).

Na problemática da recuperação ambiental existem vários pontos que devem ser observados, sendo um deles o reflorestamento da área. O reflorestamento misto com espécies nativas tem tido grande destaque ultimamente, pois a sua proximidade com processos naturais de sucessão ecológica secundária, através da maior diversidade de espécies utilizadas nos plantios, possibilita um maior equilíbrio ecológico de sistemas ambientais alterados ou degradados. Assim, promove a melhora e/ou recuperação destes sistemas, aumentando a resistência e elasticidade ambiental e, conseqüentemente, a adaptação aos distúrbios exógenos (MOROKAWA et al., 2007).

Porém, para o sucesso das práticas de reflorestamento misto e da devida recuperação dos ambientes, é de grande importância o conhecimento prévio do comportamento das espécies; a escolha correta dos indivíduos a serem plantados; as estratégias de implantação; o manejo; assim como das características do terreno e do clima (FARIA et al., 1997). Além das técnicas de revegetação, é necessário também o conhecimento das características do solo, uma vez que estes são formados por processos químicos, físicos e biológicos, possuindo uma composição que difere em relação à localidade, afetando assim o sucesso do reflorestamento misto e a recuperação da área. Essas diferenças nas características do solo ocorrem devido a fatores ambientais como clima, topografia, qualidade do solo anterior à recuperação ambiental, uso e tipo do solo, e variabilidade da fauna e da flora, sendo estes os fatores responsáveis pela sua composição e poder de suporte ao desenvolvimento da vida.

Dessa maneira, entende-se por qualidade do solo a capacidade que este possui, dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, em sustentar a produtividade de plantas e animais, mantendo e/ou melhorando a qualidade do ar e da água, promovendo a estabilidade de todo o ecossistema a que pertence (SCHOENHOLTZ et al., 2000). Portanto, a qualidade do solo é de suma importância para a sustentabilidade, produtividade e estabilidade de ecossistemas e, desse modo, de grande importância para a recuperação ambiental.

Os fatores que compõem a qualidade do solo (características físicas, químicas e biológicas) servem como indicadores de qualidade no manejo e na recuperação de áreas degradadas, avaliando o desempenho e correlacionando os processos que ocorrem no ecossistema. Inserida nesses processos está a relação solo-paisagem, que combina as características da superfície da terra com os componentes do material de origem através das

interações entre o relevo e a distribuição dos solos.

Pode-se compreender esta interação como o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo, sendo um fator de grande importância para o manejo da paisagem. O relevo é um agente modificador dos demais fatores de formação do solo, como as distribuições da umidade e temperatura ao longo da paisagem, os processos de erosão e lixiviação, e as variações do nível do lençol freático.

A análise da paisagem em topossequência proporciona um entendimento melhor das relações solo-paisagem e dos processos geomórficos, uma vez que permitem observar a variabilidade espaço-temporal dos atributos do solo, sendo de grande valia para a sua avaliação como meio de desenvolvimento de plantas. Deste modo, a avaliação conjunta dos fatores e a relação com o ambiente podem servir como indicadores ambientais, já que descrevem a grande maioria dos processos ecológicos do solo. Esses indicadores ambientais permitem agregar dados, mensurar, monitorar e avaliar o desempenho, a sustentabilidade e a viabilidade da área em recuperação de uma maneira objetiva, limpa e ampla. Porém, destaca-se que o conjunto de indicadores utilizados depende do ecossistema estudado, pois cada área tem a sua sistemática, fazendo com que os indicadores não sejam universais.

Considerando-se os aspectos mencionados, o presente estudo foi realizado em uma área de Reserva Legal, denominada Fazenda Brandão e pertencente à empresa Votorantim Cimentos, com aproximadamente 48 ha localizados no município de Laranjeiras, no estado de Sergipe. A reserva é resultado de um projeto de compensação ambiental estabelecido entre a Votorantim Cimentos e o Curso de Engenharia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe, no ano de 2005, com o intuito de realizar a restauração ambiental de uma área ocupada com o monocultivo de cana-de-açúcar. Para a restauração ambiental foi realizado o reflorestamento misto, através do plantio de mudas de espécies nativas do estado de Sergipe, totalizando 31 espécies, selecionadas com base na vegetação de remanescentes próximos à área. O plantio foi escalonado em anos consecutivos (2005 e 2006), sendo empregado o modelo de sucessão ecológica, em esquema de quincênio, alternando-se espécies de crescimento rápido com de crescimento lento, em espaçamento 3x3m, totalizando 1.111 mudas/ha.

Analisando-se amplamente os fatores que compõem o solo, considerando-se a relação solo-paisagem e as interações com o desenvolvimento vegetativo, este estudo foi realizado com o objetivo de analisar os indicadores edáficos em topossequência, na área descrita anteriormente, a fim de se verificar sua influência no desenvolvimento vegetativo das espécies encontradas na área. Além disso, teve-se o objetivo de descrever e associar a diversidade florística e estrutura do componente arbóreo ao longo da topossequência, e compreender o comportamento, as semelhanças e diferenças do povoamento e de sua estrutura com o relevo e o solo da área.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Recuperação Ambiental**

A Mata Atlântica é considerada um dos biomas mais ricos do mundo, uma vez que possui uma grande diversidade ambiental e proporciona assim condições favoráveis para a evolução de um complexo biótico, vegetal e animal, extremamente rico (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2003). Porém, o modelo de desenvolvimento adotado pelo homem resultou no aumento das pressões antrópicas, e consequente redução das áreas florestais (FERREIRA e SANTOS, 2012). Esta situação intensificou a preocupação com a recuperação de ecossistemas degradados (RODRIGUES e GANDOLFI, 1996).

A todas as atividades que têm como intuito melhorar a qualidade ambiental de um ecossistema degradado, incluindo ou não ações de engenharia ecológica, reabilitação ecológica e restauração ecológica, é dado o nome de recuperação ambiental ou recuperação de áreas degradadas (ARONSON et al., 2011). Para Ferreira et al. (2007), um ecossistema degradado é aquele que, após interferências antrópicas ou não, é impedido ou tem um retorno muito lento ao estado anterior à interferência que lhe foi causada, sendo necessária a intervenção humana para acelerar esse processo.

Segundo Cole (1993), o ecossistema tem capacidade de responder de duas maneiras à perturbação imposta a ele: resiliência e resistência. Resiliência é a possibilidade que o ecossistema possui de se recuperar após os danos que lhe foram impostos e resistência é a capacidade do ecossistema de resistir aos danos (ROOVERS et al., 2005). Sendo assim, nos processos de restauração, há uma busca em se restabelecer o ecossistema que ocupava originalmente um determinado local através da recuperação de suas funções sem, necessariamente, retornar esse ecossistema à sua condição original (PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

No entanto, Mitchell et al. (2000) interpretaram o processo de recuperação ambiental como a volta do ecossistema ao seu estado anterior à perturbação. Desse modo, a recuperação do ambiente depende diretamente da estrutura mínima do ecossistema (PICKETT et al., 1989), que define o estado inicial, o ponto anterior à recuperação e o momento que o sistema evoluiu para um novo estado de equilíbrio (ROOVERS et al., 2005).

Entre as atividades que tem como objetivo melhorar o ecossistema degradado, incluindo ou não ações de engenharia ecológica, reabilitação ecológica e restauração ecológica, encontra-se o reflorestamento misto.

### **2.2 Reflorestamento Misto**

Em sistemas ambientais alterados ou degradados pela ação antrópica, o reflorestamento misto com espécies nativas é uma opção bastante viável, pois pode promover a melhora e/ou recuperação destes, possibilitando um maior equilíbrio ecológico, ao aproximá-los a um processo natural de sucessão ecológica secundária. Além disso, a maior diversidade utilizada em um plantio misto proporciona um aumento das propriedades emergentes nesse ecossistema, aumentando a resistência e elasticidade ambiental, e consequente adaptação aos distúrbios exógenos (MOROKAWA et al., 2007).

Porém, para o sucesso do estabelecimento de um reflorestamento misto com espécies nativas, faz-se necessário entender previamente o comportamento das espécies florestais utilizadas, desde o plantio até o seu estabelecimento (DAVIDE et al., 1996). Segundo Faria et al. (1997), o êxito dos projetos de florestamentos e reflorestamentos mistos depende, entre outros fatores, da correta escolha das espécies. Nessa linha de raciocínio, alguns autores discutem qual seria o melhor conceito para se promover o estabelecimento. Para Nogueira (1977), a mistura ao acaso de plântulas das espécies nativas seria o ideal, já Joly (1987) propõe o levantamento fitossociológico de florestas remanescentes próximas à área e a sua reprodução.

Outro fator importante para o sucesso do reflorestamento misto, segundo Botelho (1996), é a presença de espécies pioneiras, uma vez que o rápido desenvolvimento proporciona proteção ao solo e as condições microclimáticas necessárias. Isto está de acordo com Kageyama e Castro (1989), que sugerem que o reflorestamento misto seja composto por espécies de diferentes estágios de sucessão, assemelhando-se aos mosaicos de estágios sucessionais encontrados em florestas naturais. Sendo assim, o reflorestamento misto com espécies nativas é uma opção para recuperar áreas degradadas, porém o sucesso do estabelecimento depende não só do conhecimento das espécies, mas também das características do terreno e do clima, além das estratégias de implantação, considerando-se o número e frequência das espécies florestais e o manejo a ser adotado (FARIA et al., 1997).

Dessa maneira, o entendimento dos parâmetros físicos e químicos do solo, assim como do relevo, é necessário para compreender o comportamento das transformações ecológicas. Esta situação permite correlacionar estes parâmetros dentro do ecossistema que surge, quantificando e orientando de maneira mais correta os processos de recuperação dos recursos naturais. O estabelecimento está intimamente relacionado às características do terreno e do clima (FARIA et al., 1997), objetivando o conhecimento de uma maneira mais ampla do ecossistema e a determinação de indicadores que possibilitem monitorar a área de modo mais amplo.

### **2.3 Indicadores Ambientais**

Indicadores ambientais são instrumentos utilizados para medir e monitorar o grau de sustentabilidade dos diferentes modelos de paisagens, permitindo verificar se as tecnologias empregadas têm um efeito positivo ou negativo na sustentabilidade de um agroecossistema (CAMINO e MÜLLER, 1993).

O uso do termo indicadores tornou-se mais frequente nos últimos anos com a popularização do conceito de sustentabilidade e necessidade de ferramentas para sua mensuração e monitoramento segundo os princípios de desenvolvimento limpo e processos de certificação ambiental (FERRAZ et al., 2009).

A utilização desses indicadores representa uma análise científica, categorizando descritiva ou numericamente os dados ambientais, e se baseia, geralmente, em informações parciais que refletem o status de extensos ecossistemas (MANOLIADIS, 2002). Assim, é importante e necessário o desenvolvimento de indicadores ambientais que abordem de uma maneira geral os processos determinantes de uma dada realidade, uma vez que a visão tecnológica determinista avalia somente os impactos isolados, e as soluções apresentadas acabam sendo, portanto, também isoladas (PESSOA, 2003).

Os indicadores ambientais devem refletir as alterações nos atributos de produtividade, resiliência e equidade. Deve-se ressaltar que não existem indicadores universais, mas sim que cada sistema, dependendo de suas categorias e elementos específicos, terá seu próprio conjunto de indicadores. Os indicadores devem ser eficientes, não exaustivos, possuir uma boa base estatística e não ter muitos indicadores para um mesmo descritor (FERRAZ, 2003).

Um critério geral para a seleção de indicadores é que estes devem ser capazes não apenas de sinalizar a existência de uma degradação no sistema, mas também de advertir sobre eventuais perturbações potenciais (FERRAZ, 2003). Esses indicadores, normalmente são utilizados para avaliação dos impactos na qualidade da água, mudanças climáticas, solos ou estrutura da paisagem (BÜCHS, 2003). É possível distingui-los em quatro categorias principais: indicadores gerais (estado geral do sistema), indicadores de diagnóstico (sinais de degradação), indicadores de estimativa de risco (fatores que conduzem) e indicadores de robustez (TOEWS, 1987).

Em geral, a obtenção de indicadores da paisagem depende de ferramentas específicas para cálculo e manipulação de bases de dados. Essas ferramentas são normalmente acopladas a Sistemas de Informações Geográficas e podem ser utilizadas no planejamento ambiental,

com o objetivo de reconhecer e valorar os impactos que estão degradando o ambiente; avaliar futuras fontes de impacto; e desenvolver sistemas sustentáveis de uso da terra (PIORR, 2003).

Com base nos dados disponíveis, deve-se definir um conjunto de indicadores de acordo com as condições agroecológicas de cada região e do perfil dos usuários que utilizaram as informações, simplificando assim a informação e ajudando a descrever e valorar fenômenos mais complexos (VIEIRAS et al., 2005). Dentre eles, destaca-se a composição, as características e a qualidade do solo para o desenvolvimento da flora e fauna.

## 2.4 Qualidade do Solo

O solo é a camada que recobre a crosta terrestre superficialmente, sendo formado por processos químicos, físicos e biológicos, a exemplo da deterioração de matérias orgânicas, da decomposição de rochas e da influência do ar, da água, assim como das substâncias químicas (CARVALHO e OLIVEIRA, 2010). Segundo Abreu et al. (2003), a composição do solo apresenta variação de suas características ao longo da paisagem, pois o solo é um corpo tridimensional formado pela ação de vários fatores e processos, como material de origem, clima, relevo, tempo e organismos.

O solo é crucial para o desenvolvimento da agricultura, pecuária e engenharia, responsável pela manutenção da qualidade do meio ambiente, e assim pela sanidade das plantas, animais e humanos. Para cada uso do solo devem ser consideradas suas particularidades e tipos de formação (GUSMÃO FILHO, 2008). O uso indevido do solo, especialmente pela adoção de sistemas convencionais impactantes, promove a deterioração de seus atributos físicos, químicos e biológicos, a exemplo da redução de fertilidade, diminuição da diversidade de organismos no solo, bem como a oxidação acelerada da matéria orgânica (MORAES SÁ et al., 2009).

Dessa forma, vários estudos têm sido executados com o objetivo de definir sistemas de manejo que aumentem a qualidade do solo, a exemplo dos Sistemas Agroflorestais. Estes são definidos como a combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e atividades pecuárias, proporcionando melhoras no ambiente, conservando a biodiversidade e a qualidade da água (LIMA et al., 2010).

O monitoramento da qualidade do solo é uma das alternativas para avaliação de viabilidade ambiental de um agrossistema, convencional ou conservacionista (D'ANDREA et al., 2002; SHARMA et al., 2005). No que tange à análise da qualidade química, são vários os estudos que certificam alterações desta propriedade no solo em virtude dos diferentes manejos dos sistemas agrícolas.

A aptidão de um solo específico em exercer funções dentro dos limites de ecossistemas naturais ou manejados para sustentar a produtividade das plantas e animais, preservar ou melhorar a qualidade do ar e da água, e embasar a saúde e habitação humana, é conhecida como qualidade do solo (SSSA, 1995).

O uso do termo qualidade do solo se tornou mais comum a partir da década de 90, tendo evoluído tanto no conceito quanto na aplicação no manejo de uso da terra. Porém, a maioria dos conceitos propostos atualmente consistem na qualidade do solo como a capacidade deste funcionar dentro dos limites do ecossistema e relacionar-se positivamente com o meio ambiente externo daquele ecossistema (LARSON e PIERCE, 1994). A Sociedade Americana de Ciência do Solo, por exemplo, aborda o conceito de forma a priorizar a produtividade vegetal e animal (KARLEN et al., 1997).

Um conceito muito utilizado foi o desenvolvido por Schoenholtz et al. (2000), no qual a qualidade do solo é a capacidade do mesmo funcionar dentro dos limites de um ecossistema, natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água; e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens.

Por se tratar de tema controverso, possuindo característica abstrata e dependente de fatores externos, é custoso estabelecer um conceito específico e consensual (DORAN e PARKIN, 1994). Nesse contexto, alguns autores têm sido categóricos ao conceito de



qualidade de solo através de um bom manejo, valorizando a produtividade e sustentabilidade, porém sem requerer a reinvenção da ciência do solo (SOJKA e UPCHURCH, 1999).

Portanto, a qualidade do solo é o fundamento para o desenvolvimento da sustentabilidade dos ecossistemas (WANG e GONG, 1998; DORAN e ZEISS, 2000), servindo como indicador para o manejo de terras, do solo e de culturas (HUSSAIN et al., 1999). Sendo assim, a sustentabilidade dos ecossistemas depende da manutenção da qualidade do solo e da relação positiva com os ecossistemas vizinhos no decorrer do tempo (MELLO, 2006).

## **2.5 Características do solo como indicador de qualidade**

Em relação à qualidade do solo, a literatura busca a identificação de um índice apto a servir como indicador, assim como já existem indicadores para qualidade do ar e da água. O conceito adequado de um indicador de qualidade do solo é de que ele deve ser sistêmico e não reducionista, com o objetivo de descrever a maioria dos processos ecológicos do solo (DORAN, 1997).

Cientistas do solo, agricultores e instituições governamentais buscam obter um indicador de qualidade do solo para avaliar terras em relação à degradação, avaliar necessidades de pesquisa e de financiamentos, e julgar práticas de manejo na busca de fiscalizar mudanças nas propriedades e nos processos do solo, na sustentabilidade e na qualidade ambiental, em resposta à utilização da terra e às práticas de manejo (DORAN e PARKIN, 1994; DORAN, 1997).

As funções do solo são relações complexas de atributos físicos, químicos e biológicos, que são sugeridos para o uso como indicadores de qualidade do solo, e, juntos, asseguram condições para o desenvolvimento das plantas, a regulação do curso da água e o tamponamento ambiental (BASTIDA et al., 2008). Indicadores físicos, químicos e microbiológicos de qualidade do solo devem ser correlacionados com os processos do ecossistema, sendo sensíveis à gestão e clima (DORAN e SAFLEY, 1997).

Os indicadores, juntos, podem apontar alterações na comunidade microbiana do solo decorrentes de atividades antrópicas diversas (MELLONI et al., 2001). Por exemplo, indicadores microbiológicos do solo, como a atividade enzimática (BALOTA et al., 2004) e também indicadores relacionados à fertilidade do solo, como o pH e a disponibilidade de nutrientes (RAIJ et al., 2001), contribuem para uma melhor compreensão dos resultados da interferência humana no ambiente.

A matéria orgânica, indicador considerado de grande importância, pode interferir nas propriedades físicas e químicas do solo (BOLINDER et al., 1999). Outro indicador de qualidade do solo, muito utilizado para estudar os processos de ciclagem e transformação de nutrientes, é a biomassa microbiana, uma vez que através dela é possível quantificar a respiração basal e suas relações como, por exemplo, o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) (MALUCHE-BARETTA et al., 2006). Diretamente relacionado a esse indicador está o carbono da biomassa microbiana, que também é sensível na indicação de qualidade do solo (CARDOSO et al., 2009).

Diante do exposto, percebe-se que as relações e interações no ecossistema são mais amplas, envolvendo o solo, a flora, fauna e principalmente o relevo, que exerce influência direta em todos os outros quesitos.

## **2.6 Relação Solo – Paisagem**

Compreende-se por paisagem a combinação das características da superfície da terra com os componentes do material de origem, sendo o solo um corpo natural tridimensional e dinâmico que está inserido na paisagem (MINASNY e MCBRATNEY, 2006; PENNOCK e VELDKAMP, 2006). Dessa forma, para entender as características da paisagem de determinada localidade, torna-se necessário observar a relação do solo com a paisagem que

ocorre no local, ou seja, compreender as interações entre o relevo e a distribuição dos solos (DALMOLIN e PEDRON, 2004; MEIRELES et al., 2012).

Pode-se compreender esta relação como o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo, sendo um fator de grande importância para o manejo da paisagem, já que os atributos do solo possuirão diferenças em cada segmento (BUI et al., 1999; BRITO et al., 2006).

Os principais fatores que devem ser analisados para entender essas relações são o material de origem e os atributos topográficos. O material de origem promove alterações comportamentais em função das suas características mineralógicas, e os atributos topográficos são importantes indicadores de variabilidade das propriedades do solo, pois são condicionantes do fluxo de água, do transporte e deposição de massa (PARK e BURT, 2002; SEIBERT et al., 2007; BARTHOLD et al., 2008).

Observa-se que o relevo é um agente modificador dos demais fatores de formação do solo. Este exerce influência nas distribuições da umidade e temperatura na paisagem, causadas pela exposição da superfície terrestre ao sol e pela altitude; nos processos de erosão e lixiviação; nas variações do nível do lençol freático; nos fenômenos erosivos que influenciam a estabilidade de agregados; na variabilidade espacial da matéria orgânica e de indicadores de qualidade do solo. Sendo assim, é de fundamental importância para se compreender as principais variações dos solos (FANNING e FANNING, 1989; SILVA et al., 2001; SOUZA et al., 2003).

Essas variações ocorrem porque pequenas diferenças de declive podem ser suficientes para afetar os atributos do solo, a absorção e a capacidade de armazenamento de água. A orientação da encosta e a posição topográfica dos solos influenciam na reação do solo e nos processos de intemperismo, transformando minerais primários em secundários e esculpindo as formas do relevo (MARQUES JÚNIOR e LEPSCH, 2000; ROSS, 2004; WANG et al., 2002).

Segundo Palmieri e Larach (2004), em superfícies com menor declive, os solos tendem a ser mais profundos, apresentando diferenciação entre os horizontes principais, enquanto que áreas com declive mais acentuado apresentam solos mais rasos com menor diferença entre os horizontes em razão do escoamento superficial de água, que potencializa o transporte de material edafizado.

Dessa maneira, as relações solo-paisagem favorecem uma análise e entendimento melhor dos processos geomórficos e da evolução dos solos na paisagem, uma vez que permitem observar a variabilidade espaço-temporal dos atributos do solo, além dos processos dinâmicos, por exemplo, transporte de água, sedimentos e solutos (SOMMER, 2006; SAMOUËLIAN e CORNU, 2008).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; RODRIGUES DA SILVA, V.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.33, n.2, p.275-282, 2003.
- ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P.H.S. Conceitos e Definições Correlatos à Ciência e à Prática da Restauração Ecológica. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo, n.44, p.1-38, 2011.
- BALOTA, E.L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**. São Paulo, v.35, n.4, p.300-306, 2004.
- BARTHOLD, F.K.; STALLARD, R.F.; ELSENBEEER, H. Soil nutrient–landscape relationships in a lowland tropical rainforest in Panama. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v.255, p.1135-1148, 2008.
- BASTIDA, F.; ZSOLNAY, A.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C. Past, presente and future of soil quality índices: a biological perspective. **Geoderma**. Amsterdam, v.147, p.159-171, 2008.
- BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. The response of soil quality indicators to conservation manage. **Canadian Journal of Soil Science**. Ottawa, v.79, p.7-45, 1999.
- BOTELHO, S.A., DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios na região sul de Minas Gerais. **Cerne**. Lavras, v.2, n.1, p.43-52, 1996.
- BRITO, L.F.; SOUZA, Z.M; MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAZETTA, D.A; CALZAVARA, S.A.; OLIVEIRA, L. Influência de formas do relevo em atributos físicos de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v.36, n.6, p.1749-1755, 2006.
- BÜCHS, W. Biotic indicators for biodiversity and sustainable agriculture - introduction and background. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.98, n.1, p.1-16, 2003.
- BUI, E.N.; LOUGHEAD, A.; CORNER, R. Extracting soil-landform rules from previous soil surveys. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v.37, p.495-508, 1999.
- CAMINO, R.; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores**. San José, Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA), 1993. p.134.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.6, p.631-637, 2009.

CARVALHO, A.R.; OLIVEIRA, M.V.C. **Princípios básicos de saneamento do meio**. SENAC, São Paulo, 2010. p.400.

COLE, D. N. **Trampling Effects on Mountain Vegetation in Washington, Colorado, New Hampshire, and North Carolina**. Research Paper INT-464USDA For. Serv., Ogden, 1993.

DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F. de A. Distribuição dos solos no ambiente. In: Fórum Solos e Ambiente. **Solos & Ambiente**. Santa Maria, 2004. 167 p.

DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A.; FARIA, J.M.R.; PRADO, N.J.S. Comportamento de espécies florestais de mata ciliar em área de depleção do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos – Itutinga, MG. **Cerne**. Lavras, v.2, n.1, p.20-40, 1996.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.26, p.913-923, 2002.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: Proceedings of the XXVI Brazilian Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazil, 1997.

DORAN, J. W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, 1994. p.1-20.

DORAN, J. W.; SAFLEY, M. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R. **Biological Indicators of Soil Health**. CAB International, Wallingford, p.1–28, 1997.

DORAN, J. W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**. Amsterdam, v.15, p.3-11, 2000.

FANNING, D.S.; FANNING, M.C.B. **Soil morphology, genesis and classification**. New York: John Wiley e Sons, 1989. p.395.

FARIA, J. M. R.; DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Comportamento de espécies florestais em área degradada com duas adubações de plantio. **Cerne**. Lavras, v.3, n.1, p.25-44, 1997.

FERRAZ, J.M.G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A.; FERRAZ, J.M.G. **Indicadores de Sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.17-35.

FERRAZ, S.F.B.; PAULA, F.R.; VETTORAZZI, C.A. Incorporação de indicadores de sustentabilidade na priorização de áreas para restauração florestal na bacia do rio Corumbataí. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 33, n.5, p. 937-947, 2009.

FERREIRA, R.A.; SANTOS, P.L. Direct Sowing: An Alternative to the Restoration of Ecosystems of Tropical Forests. In: Padmini Sudarshana, Madhugiri Nageswara-Rao & Jaya R. Soneji (eds.). **Tropical Forests**. Rijeka, 2012. p.333-348.

FERREIRA, R.A.; DAVIDE, A.C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M.S. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**. Lavras, v.13, n.3, p.271-279, 2007.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. Atlantic forest hotspots status: an overview. In: C. GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (eds.). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Washington: Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, 2003. p. 3-11.

GUSMÃO FILHO, J.A. **Solos: da formação geológica ao uso na engenharia**. Recife: Editora da UFPE, v.2, 2008. p.198.

HUSSAIN, I.; OLSON, K.R.; WANDER, M.M.; KARLEN, D.L. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v.50, p.237-249, 1999.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2008-2010**. Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 2011.

JOLY, C.A. **Projeto de recomposição de mata ciliar do Rio Jacaré - Pepira - Mirim no município de Brotas, SP**. Campinas, UNICAMP, 1987.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**. Madison, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

KAGEYAMA, P.Y.; CASTRO, C.F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**. Piracicaba, n. 41-42, p. 83-93, 1989.

LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society American, 1994. p.37-52.

LIMA, S.S.; LEITE, L.F.C.; AQUINO, A.M.; OLIVEIRA, F.C.; CASTRO, A.A.J.F. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**. Viçosa, v.34, n.1, p.75-84, 2010.

MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; KLAUBERG FILHO, O.; AMARANTE, C.V.T. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.41, n.10, p.1531-1539, 2006.

MANOLIADIS, O.G. Development of ecological indicators - a methodological framework using compromise programming. **Ecological Indicators**. Amsterdam, v.2, p.69-176, 2002.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Depósitos superficiais neoceno-zóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. **Geociências**. São Paulo, v.19, p. 265-281, 2000.

MEIRELES, H.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M.C.C. & PEREIRA, G.T. Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 42, p. 129-136, 2012.

- MELLO, N.A. **Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo**. 2006, 248p. Tese de Doutorado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- MELLONI, R.; PEREIRA, E.G.; TRANNIN, I.C.B.; SANTOS, D.R.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.25, n.1, p.7-13, 2001.
- MINASNY, B.; McBRATNEY, A.B. Mechanistic soil-landscape modelling as an approach to developing pedogenetic classifications. **Geoderma**, Amsterdam, v.133, p.138-149, 2006.
- MITCHELL, R.J.; AULD, M.H.D.; LE DUC, M.G.; MARRS, R.H. Ecosystem stability and resilience: a review of their relevance for the conservation management of lowland heaths. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. Amsterdam, v.3, p.142-160, 2000.
- MORAES SÁ, J.C; CERRI, C.C; LAL, R; DICK, W. A; PICCOLO, M.C; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v.104, p.56-64, 2009.
- MOROKAWA, M. J.; BIANQUINI, L.A.; RENO, P.; VALCARCEL, R. **Avaliação dos distúrbios causados pelo fogo em plantios mistos e homogêneos, utilizados como estratégias de reabilitação de área de empréstimo da Mata Atlântica**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu, 2007. 2. p.
- NOGUEIRA, J.O.B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas**. Boletim técnico. Instituto Florestal, São Paulo, v. 24, p. 1-14, 1977.
- PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, ed. 5, 59-122p, 2004.
- PARK, S.J.; BURT, T.P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v.66, p.1897-1910, 2002.
- PENNOCK, D.J.; VELDKAMP, A. Advances in landscape-scale soil research. **Geoderma**, v.133, p.1-5, 2006.
- PESSOA, M.C.P.Y. Subsídios para a escolha de indicadores de sustentabilidade. In: MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A.; FERRAZ, J.M.G. **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p.36-58.
- PICKETT, S.T.A.; KOLASA, J.; ARNESTO, J.J.; COLINS, S.L. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. **Oikos**. Copenhagen, v.54, p.129-136, 1989.
- PIORR, H.P. Environmental policy, agrienviromental indicators and landscape indicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v.98, n.1, p.17-33, 2003.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina, Gráfica Editora Midiograf, 2001. p.328.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**. Campinas, v.2, p.4-15, 1996.

ROOVERS, P.; BOSSUYT, B.; GULINCK, H.; HERMY, M. Vegetation recovery on closed paths in temperate deciduous forests. **Journal of Environmental Management**. Amsterdam, v.74, n.3, p. 273-281, 2005.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, ed.5, p.291-366, 2004.

SAMOUËLIAN, A.; CORNU, S. Modelling the formation and evolution of soils, towards an initial synthesis. **Geoderma**. Amsterdam, v.145, p.401-409, 2008.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v.138, p. 335-356, 2000.

SEIBERT, J.; STENDAHL, J.; SØRENSEN, R. Topographical influences on soil properties in boreal forests. **Geoderma**. Amsterdam, v.141, p.139-148, 2007.

SHARMA, K.L.; MANDAL, U.K.; SRINIVAS, K.; VITTAL, K.P.R.; MANDAL, B.; GRACE, J.K.; RAMESH, V. Longterm soil management effects on crop yields and soil quality in a dryland Alfisol. **Soil and Tillage Research**. Amsterdam, v.83, p.246-259, 2005.

SILVA, M.B.; ANJOS, L.H.C; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, R.A. Estudo de topossequência da baixada litorânea fluminense: efeitos do material de origem e posição topográfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.25, p.965-976, 2001.

SOJKA, R.E.; UPCHURCH, D.R. Reservations regarding the soil quality concept; discussion. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 63, n.5, p.1039-1054, 1999.

SOMMER, M. Influence of soil pattern on matter transport in and from terrestrial biogeosystems: A new concept for landscape pedology. **Geoderma**. Amsterdam, v.133, p.107-123, 2006

SOUZA, C. K; MARQUES JÚNIOR, J; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G.T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.27, p.1067- 1074, 2003.

SSSA - Soil Science Society of America. **Statement on soil quality**. Madison: Agronomy News, 1995. 200p.

TOEWS, D.W. Agroecosystem health: a framework for implementing sustainability in agriculture. In: WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT. **Our common future**. London: Oxford University Press, 1987. p.416.

VIEIRAS, X.; POULIQUEN, X.; SOTO, M. **12 indicadores ambientais: Galiza insustentável**. Santiago de Compostela: Asociación para a defensa Ecolóxica de Galiza (ADEGA), 2005.

WANG, X.; GONG, Z. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. **Geoderma**. Amsterdam, v.81, p.339-355, 1998.

WANG, G.; FANG, S.; SHINKAREVA, S.; GERTNER, G.; ANDERSON, A. Spatial uncertainty prediction of the topographical factor for the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). **Transactions of the ASAE**. Michigan, v.45, n.1, p.109-118, 2002



#### **4. ARTIGO 1: INDICADORES EDÁFICOS EM TOPOSSEQUÊNCIA, EM ÁREA DE REFLORESTAMENTO MISTO, EM LARANJEIRAS – SE**

##### **RESUMO**

A qualidade do solo é de grande importância para o sucesso da recuperação de áreas degradadas, pois são os solos que sustentam todo o desenvolvimento vegetal e animal. Desse modo, é possível encontrar fatores, químicos, físicos ou biológicos, que podem servir como indicadores ambientais. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência e a correlação dos processos abióticos do solo sobre o desenvolvimento de espécies implantadas, em topossequência, em área de reflorestamento misto, na Fazenda Brandão, no município de Laranjeiras – SE, em uma região de Mata Atlântica. O experimento foi realizado através da análise química de amostras de solo recolhidas em duas profundidades, 0-20 cm e 21-40 cm, ao longo de 30 parcelas. Posteriormente, os dados das análises foram separados em três sítios de análise (Ombro, Meia Encosta e Sopé) de acordo com a sua posição em relação ao relevo. Os dados foram analisados através do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi realizado o teste de correlação de Pearson, para verificar a correlação entre a altura da parcela e matéria orgânica sobre os parâmetros químicos do solo e a vegetação. Para as análises químicas, no horizonte de 0-20 cm, verificou-se maiores médias de Matéria Orgânica (34,53 g/dm<sup>3</sup>), CTC efetiva (60,35 cmolc/dm<sup>3</sup>) Sódio (0,407 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potássio (0,216 cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnésio (4,35 cmolc/dm<sup>3</sup>) e Cálcio (54,49 cmolc/dm<sup>3</sup>) no Sopé. No Ombro, observou-se o maior valor de Fósforo (30,61 mg/dm<sup>3</sup>). Para as análises químicas, no horizonte de 21-40 cm, foram observadas as maiores médias de Matéria Orgânica (21,03 g/dm<sup>3</sup>), CTC efetiva (56,57 cmolc/dm<sup>3</sup>), Sódio (0,502 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potássio (0,177 cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnésio (4,39 cmolc/dm<sup>3</sup>) e Cálcio (51,18 cmolc/dm<sup>3</sup>). A maior média de Fósforo (19,69 mg/dm<sup>3</sup>) foi encontrada no Ombro. Na altura das parcelas houve correlação forte positiva com Fósforo, Número de Indivíduos e Densidade Absoluta e correlação forte negativa com CTC efetiva, Sódio, Magnésio e Cálcio. Para a Matéria Orgânica houve correlação positiva com CTC efetiva, Potássio, Magnésio e Cálcio. O relevo foi o a maior responsável pela influência nos atributos químicos do solo através do fluxo de massa e deposição de nutrientes ao longo da topossequência. A matéria orgânica foi responsável pelo aumento da CTC efetiva, do Cálcio, Magnésio e Potássio ao longo da topossequência.

**Palavras-chave:** indicadores ambientais, indicadores de qualidade do solo, recuperação ambiental, relevo.

**ABSTRACT****TOPOSEQUENCE EDAPHIC INDICATORS IN MIXED REFLORESTATION ÁREA IN LARANJEIRAS – SE**

Soil quality is of great importance for the successful recovery of degraded areas, as the soils support the entire plant and animal development. Therefore, within the soil quality it is possible to find factors, whether chemical, physical or biological, which can serve as environmental indicators and correlate its development the development of the ecosystem. Thus, this study aims to evaluate the influence and the correlation of soil abiotic processes on the development of the implanted species, in toposequence, in a mixed reforestation area at Fazenda Brandão, in the city of Laranjeiras - SE, with approximately 48 ha. The experiment was carried through the analysis of soil samples collected at two depths, 0-20 cm, 21-40 cm, over 30 portions. Subsequently, the analysis data was separated into three analytical sites (Shoulder, Backslope and Foothslope) according to their position in the terrain and compared using the Tukey test at 5% probability. The Pearson correlation test was performed to verify the correlation between the height of the parcel and organic matter on soil chemical parameters and the analyzed vegetation. For chemical analysis, in the 0-20 cm range, the highest average organic matter (34.53 g/dm<sup>3</sup>), effective CEC (60.35 cmolc/dm<sup>3</sup>), Sodium (0.407 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potassium (0.216cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnesium (4.35 cmolc/dm<sup>3</sup>) and Calcium (54.49 cmolc/dm<sup>3</sup>) were found in the Foothslope, the Shoulder showed the highest amount of Phosphorus (30.61 mg/dm<sup>3</sup>). In the 21-40 cm range, were observed the highest levels of organic matter (21.03 mg/dm<sup>3</sup>), effective CEC (56.57 cmolc/dm<sup>3</sup>), Sodium (0.502 cmolc/dm<sup>3</sup>), Potassium (0.177 cmolc/dm<sup>3</sup>), Magnesium (4.39 cmolc/dm<sup>3</sup>), Calcium (51.18 cmolc/dm<sup>3</sup>) in the Foothslope. The highest average Phosphorus (19.69 mg/dm<sup>3</sup>) was found in the Shoulder. For the correlation analysis, the height of the parcels were found to have a strong positive correlation with Phosphorus, Number of Individuals and Absolute Density and a strong negative correlation with effective CEC, Sodium, Magnesium and Calcium. The organic matter factor showed a positive correlation with effective CEC, Potassium, Magnesium and Calcium. The terrain was the biggest responsible for the influence on soil chemical properties through the mass flow and deposition of nutrients along the toposequence. The organic matter was responsible for increasing the effective CEC, Calcium, Magnesium and Potassium along the toposequence.

**Key-words:** environmental recovery, soil quality indicators, environmental indicators, relief.

## 4.1. Introdução

O solo, um dos principais componentes dos ecossistemas, é crucial para o desenvolvimento da agricultura, pecuária e engenharia, responsável pela manutenção da qualidade do meio ambiente, e assim pela sanidade das plantas, animais e humanos. Sua formação se dá através de processos químicos, físicos e biológicos, a exemplo da deterioração de matérias orgânicas, da decomposição de rochas e da influência do ar, da água, assim como das substâncias químicas (CARVALHO e OLIVEIRA, 2010) e seu estudo visa o entendimento de seus processos e propriedades, uma vez que o solo pode controlar e influenciar vários fluxos de energia do ecossistema, como o ciclo hidrológico, o ciclo de nutrientes e o ciclo do carbono.

Segundo Marangon (1999), as propriedades físicas e químicas do solo, assim como o relevo, exercem influência no desenvolvimento e no comportamento das espécies arbóreas que ali se estabelecem. Essas relações entre relevo, solos e vegetação são caracterizadas como interdependentes, uma vez que as condições de drenagem e a variação dos solos interferem na composição vegetal, assim como as condições de relevo influenciam em várias propriedades dos solos, como estrutura, porosidade, densidade do solo e teor de nutrientes (CAMPOS et al., 2012).

Desta maneira, o solo possui alto potencial como estratificador de ambientes, já que a pequenas distâncias pode variar sua composição e suas características, assim como a topografia, originando padrões específicos na disponibilidade de água e nutrientes, influenciando o desenvolvimento da vegetação (SILVA JÚNIOR, 1998; MORENO e SCHIAVINI 2001; RESENDE et al., 2002). Sendo assim, as variações de declividade do relevo, suas inclinações em relação a um perfil horizontal, proporcionam indicadores importantes quanto às possibilidades e restrições de sua ocupação, uma vez que a declividade influi diretamente na distribuição dos tipos de solos (OLIVEIRA, 2014).

Diante de tais afirmações, observa-se que as diferentes feições do relevo, intensidade e duração dos processos pedológicos e as características do material de origem determinam o tipo e a distribuição do solo nas paisagens. Estas são causas de variações nos atributos do solo que se refletem na vegetação (WYSOCKI et al., 2005; CAMPOS et al., 2007), já que as relações, governadas pelas características topográficas do terreno, condicionam diferenças no regime hídrico, favorecendo solos mais ou menos desenvolvidos (JAFARI et al., 2003)

Dessa maneira, o estudo dos solos em topossequência permite uma visão global e integrada dos vários componentes da paisagem, uma vez que esta é um condicionador de ambiente e tem relação íntima com o relevo (PHILIPS et al., 2001). Além disso, permite o estabelecimento de relações entre atributos dos solos, relevo e paisagem, podendo elucidar as dinâmicas internas e externas do solo, a partir das suas variações verticais e laterais nas vertentes de uma topossequência (DRUMOND et al., 1996). Considerando o exposto, este trabalho objetivou estudar os atributos do solo, em uma topossequência, relacionando-o à vegetação da área e sua influência.

## 4.2. Material e Métodos

### 4.2.1. Caracterização da área de estudo

O Município de Laranjeiras possui 163,60 km<sup>2</sup> e está localizado na mesorregião Leste de Sergipe, microrregião Baixo Cotinguiba, na divisão climática Litoral Úmido (CORREIA, 2004). Encontra-se a 18km da capital do Estado, Aracaju, entre as coordenadas 10°48'22" de latitude Sul e 37°10'18" de longitude Oeste.

O município encontra-se sobre as rochas do Grupo Sergipe, que são representados pelas formações Cotinguiba e Riachuelo, sendo seu relevo dissecado com colinas flúvio-marinhas com predominância de clima megatérmico seco e sub-úmido (SANTOS et al., 1998). Apresenta temperatura média anual de 25,2°C, índice pluviométrico médio de 1.279,3

mm por ano, período mais chuvoso entre março e agosto e período mais seco entre setembro e fevereiro (BOMFIM et al., 2002). Predomina na região a vegetação caracterizada como Floresta Estacional Semi-decidual, conforme a Classificação da vegetação brasileira (VELLOSO et al., 1991).

A área de estudo é resultado do Projeto de Compensação Ambiental, realizado no ano de 2005 pela empresa Votorantim Cimentos, na Fazenda Brandão, em parceria com a Universidade Federal de Sergipe.

A área adotada (Figura 1) possui aproximadamente 48 ha, situada na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. É limitada com as dependências da empresa, com remanescentes de mangue e com pequena área de mata nativa.

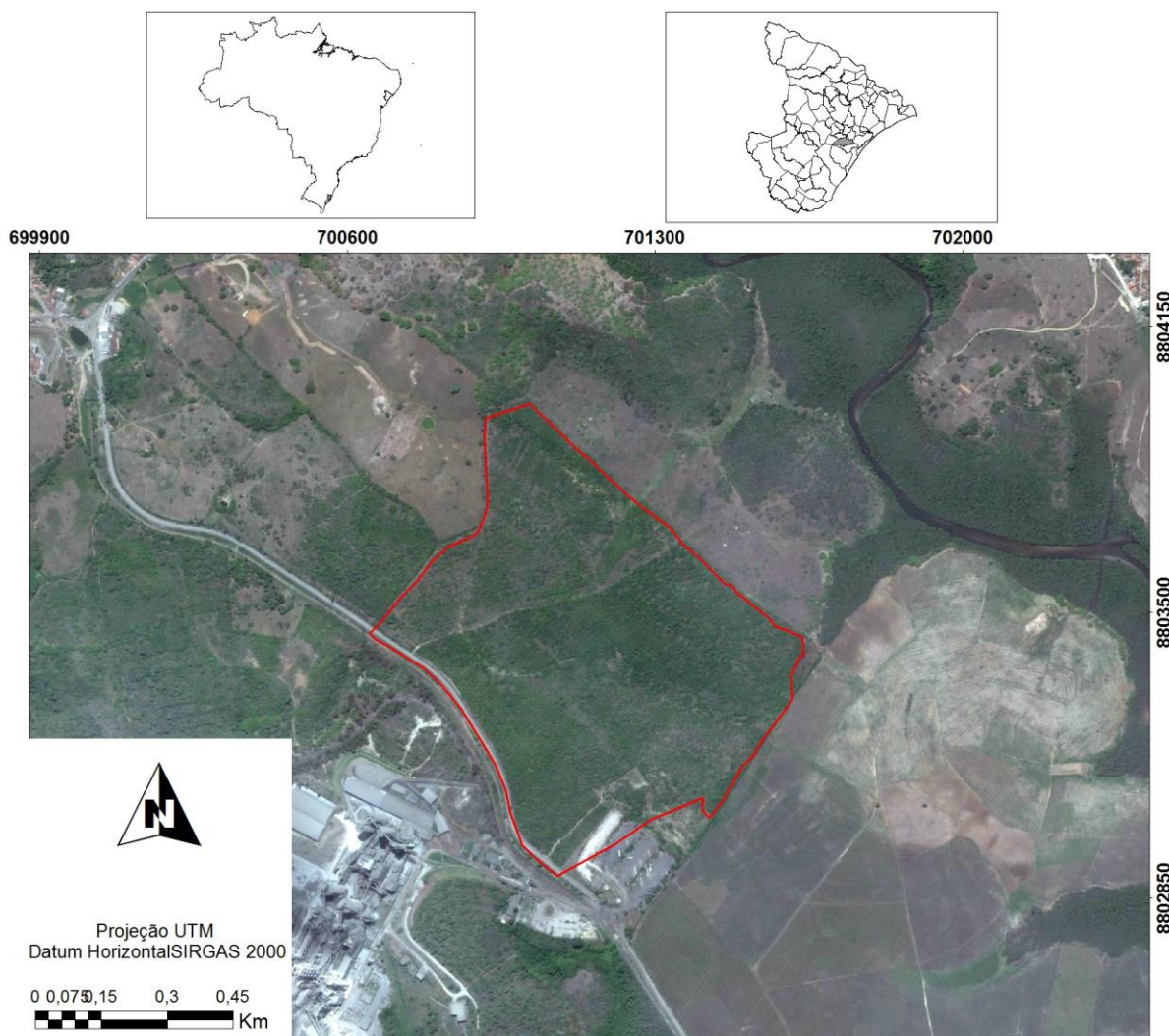


FIGURA 1. Localização da área de estudo na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, localizada na Fazenda Brandão, no município de Laranjeiras - SE.

O local antes da instalação do Projeto de Compensação Ambiental era destinado ao monocultivo da cultura de cana-de-açúcar (Figura 2), onde realizavam-se todos os tratos culturais necessários, como aração, adubação, eliminação de plantas consideradas invasoras, colheita e etc.



FIGURA 2. Área de estudo antes da implantação do Projeto de Compensação Ambiental, com o monocultivo de cana de açúcar no ano de 2005, na Fazenda Brandão no município de Laranjeiras - SE (Fonte: FERREIRA et al., 2011).

#### 4.2.2. Histórico do Projeto de Compensação Ambiental

No ano de 2005 foi estabelecida uma parceria entre a Votorantim Cimentos e o Curso de Engenharia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe, com o objetivo de implantar um Projeto de restauração ambiental em uma área de Reserva Legal da empresa.

O projeto teve início com a identificação e mapeamento das áreas quanto aos parâmetros físicos, químicos e formas da vegetação, além da identificação das glebas, levando-se em consideração os níveis de pedregosidade, relevo, tipos de solo e declividade. Este procedimento foi realizado para identificar as topossequências mais representativas da área, além da abertura de dois perfis; um no final do terço superior da encosta, e outro no ponto do sopé. Em seguida, foi realizada a caracterização e definição geral da descrição morfológica dos perfis do solo, análise granulométrica pelo método de Boyoucos e a coleta de amostras deformadas de solo para análises químicas (FERREIRA et al., 2011).

A formação geológica e litológica da área foi identificada como do Cretáceo Inferior, sendo o seu material de origem proveniente da decomposição do calcário da Formação Riachuelo, tendo um relevo ondulado, formado por um conjunto de colinas de topos arredondados e vertentes ligeiramente convexas de dezenas de metros e vales dissecados e encaixados em “V” (FERREIRA et al., 2011).

O perfil de solo da Gleba 1 foi classificado como Chernossolo Háplico Órtico típico, textura média/argilosa, relevo suave ondulado a ondulado, com boa drenagem e 7% de declividade. Já o perfil de solo da Gleba 2 como Chernossolo Háplico Órtico típico, textura cascalhenta/média/argilosa, relevo suave ondulado a ondulado, com drenagem moderada e 6% de declividade. Apresentam contraste marcante entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, onde aparece o horizonte A escuro devido ao, relativamente elevado, conteúdo de matéria orgânica (FERREIRA et al., 2011).

Quanto às condições de drenagem, em conformidade com Lemos e Santos (1996) são moderadamente drenados, com pedregosidade ausente, apesar da observação de alguns fragmentos de rocha parcialmente intemperizados na superfície do solo da área de estudo. A erosão ocorrente na área foi classificada como laminar ligeira, embora também se tenha



constatado presença de erosão em sulcos na área devido à ocorrência de chuvas intensas e as condições físicas do solo e de relevo predominantes (FERREIRA et al., 2011).

Para a implantação do projeto, foram selecionadas espécies com base na vegetação de remanescentes próximos a área, a partir de visitas à propriedade da Empresa, observando-se o seu potencial para trabalhos de restauração e sua função ecológica no ambiente. A produção de mudas foi realizada no Viveiro Florestal, construído nas instalações do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Sergipe. Foram plantadas mudas de espécies nativas do estado de Sergipe, totalizando 31 espécies (Anexo 1A), revegetando com sucesso a área (Figura 3).



FIGURA 3. Área do Projeto de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no ano de 2014, em Laranjeiras - SE: A- Vista Oeste/Leste da entrada da área de Compensação Ambiental; B- Vista Norte/Sul da confrontação oeste com a estrada que liga Nossa Senhora do Socorro a Laranjeiras; C- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Ombro; D- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Sopé.

O plantio foi escalonado em anos consecutivos (2005 e 2006), empregando-se o modelo de sucessão ecológica, em esquema de quincôncio, alternando-se espécies de crescimento rápido com as de crescimento lento, em espaçamento 3x3m. Deste modo, foram plantadas 1.111 mudas/ha.

Posteriormente ao plantio, foi realizado o monitoramento constante das áreas implantadas até o vigésimo quarto mês, sendo avaliadas as características de crescimento (altura total e diâmetro do colo) e a sobrevivência, terminando em 2008 o primeiro ciclo de avaliações.

No ano de 2014 foi realizada a instalação de 30 parcelas fixas (Figura 4) de 600 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m), distribuídas sistematicamente no interior do fragmento, distantes 127 m entre si, totalizando uma área amostral de 1,8ha (MOURA, 2014).

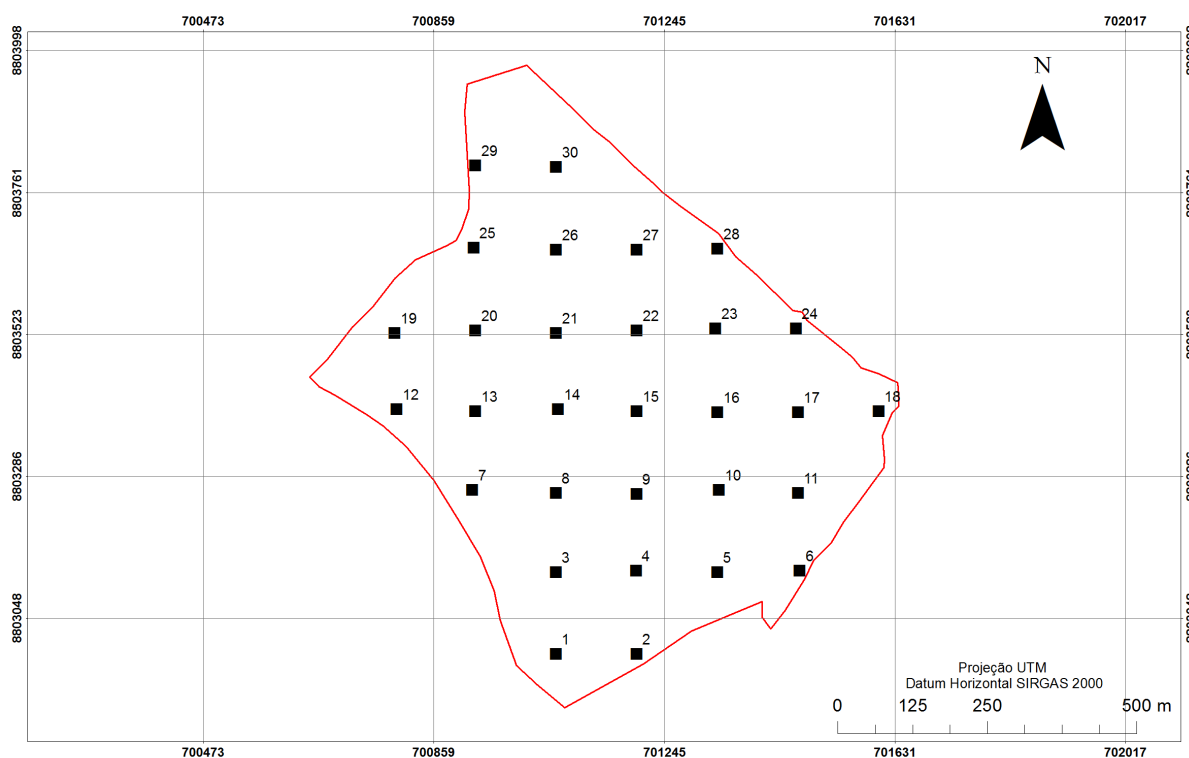


FIGURA 4. Mapa de situação das 30 parcelas experimentais na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE.

Após a instalação das parcelas, foram tomadas as medidas do CAP (centímetro à altura do peito – 1,30 m do solo) e altura total, com o uso da fita métrica e de vara telescópica. Em seguida foram analisados os seguintes parâmetros fitossociológicos: Densidade Absoluta; Densidade Relativa; Frequência Absoluta; Frequência Relativa e Índice de Valor de Importância (MOURA, 2014). Foi utilizado o software Mata Nativa 2 (CIENTEC, 2002), que se encontra instalado e licenciado para uso na Universidade Federal de Sergipe.

Após as análises, foram observados 788 indivíduos, representados por vinte espécies,

pertencentes a sete famílias taxonômicas (Anexo 2A) (MOURA, 2014).

#### 4.2.3. Amostragem

Foi realizada a observação das 30 parcelas, com 600 m<sup>2</sup> cada, previamente definidas, ao longo da topossequência e foram separadas de acordo com seu posicionamento na topografia, em Ombro, Meia Encosta e Sopé, como estabelecido por Ruhe e Walker (1968) e descrito por Torrado et al. (2005).

O Ombro caracteriza-se por ser uma região mais próxima ao topo, com relevo menos acentuado e maior capacidade de infiltração de água. A Meia Encosta é uma zona de transição entre o Ombro e o Sopé, possuindo um relevo mais acentuado. Já o Sopé, é uma área de maior deposição, influenciada constantemente pela várzea (Figura 5).

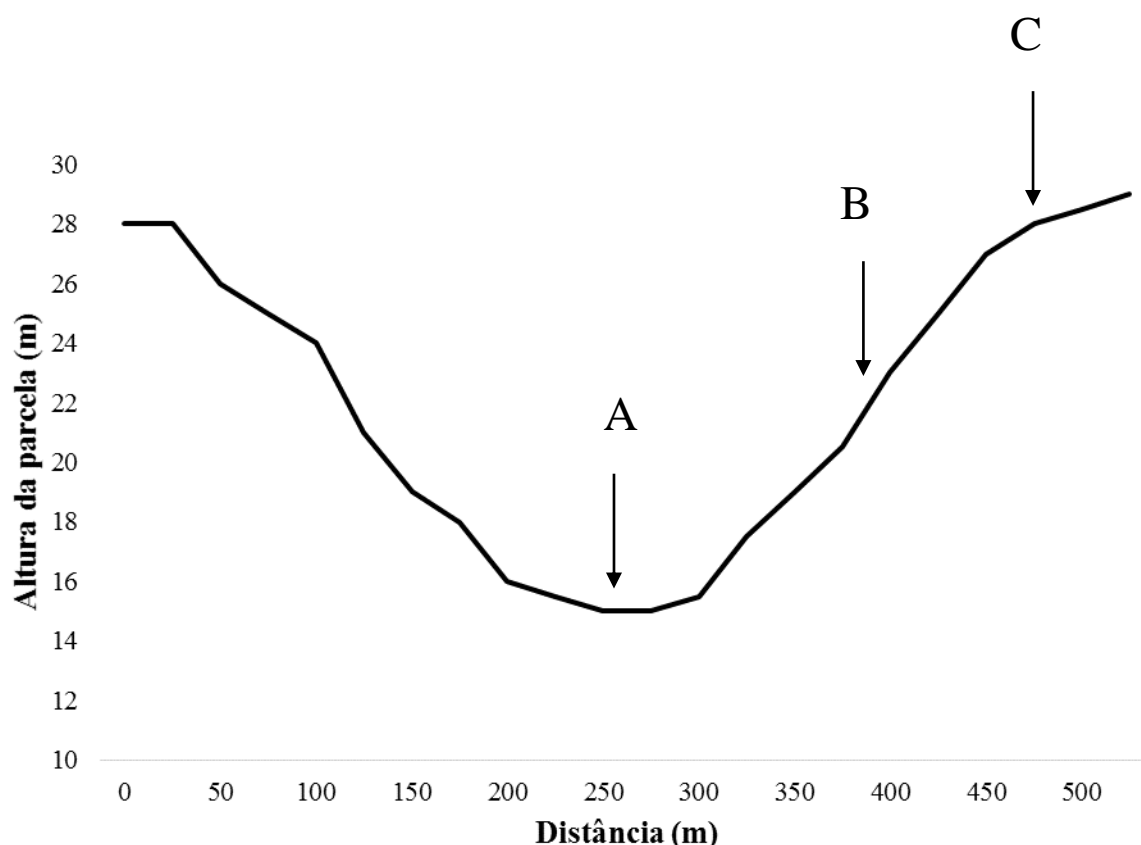


FIGURA 5. Perfil transversal da área estudada, apresentando um ponto do Sopé (A), um ponto da Meia Encosta (B) e um ponto do Ombro (C), na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE.

Foram coletadas amostras deformadas de solo nas parcelas nas profundidades de 0-20 cm e 21-40 cm, uma vez que representam os horizontes mais superficiais e os horizontes de transição.

Para efetuar a coleta das amostras, cada parcela foi percorrida em ziguezague, das quais foram retiradas, com o auxílio de um trado, 10 sub-amostras em pontos diferentes, sendo colocadas juntas em um balde limpo. Todas as 10 sub-amostras foram misturadas dentro do balde. Posteriormente, foi retirada uma alíquota de 1 kg, que foi depositada em saco plástico, devidamente etiquetado e fechado, e encaminhado ao laboratório para realização das análises.



#### **4.2.4. Análises químicas do solo**

As análises químicas do solo foram realizadas no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, no qual foi feito o estudo da fertilidade completa, determinando pH em água, Cálcio + Magnésio, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Hidrogênio + Alumínio, Fósforo, CTC efetiva, Matéria Orgânica e PST.

Para determinar o pH em água, utilizou-se relação solo:solução de 1:2,5, determinando-a na suspensão (EMBRAPA, 1997). Depois de efetuada a leitura do pH do solo, adicionou-se 5,0 mL da solução-tampão SMP a pH 7,5, agitada por 15 min a 220 rpm. Após repouso por 60 min, a amostra foi aditada e se realizou a leitura do pH de equilíbrio na suspensão solo. Nesse procedimento, a proporção solo:água:solução SMP de 10:25:5 adotada por Raij et al. (2001) foi preservada.

Hidrogênio + Alumínio foi determinado pelo método SMP, efetuando-se a extração com acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e os extratos titulados com solução de hidróxido de sódio a 0,025 mol L<sup>-1</sup>. As análises de Sódio, Potássio e Fósforo foram realizadas através do método Mehlich-1. Já Cálcio + Magnésio, Cálcio, Magnésio e Alumínio foram determinados pelo método do KCl (EMBRAPA, 1997).

#### **4.2.5. Análises físicas do solo**

As análises físicas do solo constituíram-se de Granulometria (Silte, Areia e Argila), Classificação textural e Especificação para o tipo de solo. Todas foram realizadas no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe.

A Granulometria (Silte, Areia e Argila) foi determinada pelo método do Densímetro de Bouyoucos, que é baseado na sedimentação das partículas que compõem o solo. O resultado foi obtido após a adição de um dispersante químico, no qual é fixado um tempo de espera para a determinação da densidade de suspensão, obtendo a concentração total de argila. Já as frações grosseiras (areias fina e grossa) foram separadas por tamisação e pesadas, e silte foi obtido pela diferença entre concentração total de argila e frações grosseiras (areias fina e grossa) seguindo as recomendações de EMBRAPA (1997).

O tipo de solo foi especificado como descrito na Instrução Normativa Nº 02 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento de 09/10/2008.

#### **4.2.6. Análise da Vegetação**

Através dos dados obtidos por trabalhos efetuados anteriormente na área de estudo (MOURA, 2014), realizou-se a análise do número de indivíduos por parcela. Posteriormente, realizou-se a separação pelos sítios amostrais.

#### **4.2.7. Análise estatística**

As análises físicas e químicas, para a caracterização dos perfis e das amostras para fins de fertilidade, seguiram a metodologia da EMBRAPA (1997). Os resultados foram submetidos à análise de variância, seguidos de teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

Para os dados de números de indivíduos total dos três sítios (Ombro, Meia Encosta e Sopé), foi aplicada a análise da variância, e posteriormente, aplicado o teste t, com o objetivo de testar as diferenças ou semelhanças entre as médias dos tratamentos representados pela variação do relevo nas parcelas selecionadas.

Foi realizado o teste de correlação de Pearson, entre matéria orgânica, altura das parcelas e os parâmetros químicos do solo (pH em água, CTC efetiva, Sódio, Potássio, Fósforo, Magnésio), além dos dados da análise de vegetação (número de indivíduos e densidade absoluta), a fim de verificar quais parâmetros tinham correlação com esses fatores, através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008).

### 4.3. Resultados

#### 4.3.1. Tipos de solo

De acordo com Brasil (2008), quanto às características de textura, os solos são classificados como: tipo 1, do tipo 2 e tipo 3. Na área de estudo foram encontrados solos com características do tipo 2: solos de textura média, com teor de argila menor do que 35%, e solos com teor mínimo de argila de 15%, apresentando uma diferença menor que 50% entre o percentual de areia e o percentual de argila. Solos com características do tipo 3 também foram encontrados tendo textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35%.

#### 4.3.2 Horizonte de 0-20 cm

No horizonte de 0-20 cm, para o pH em água, o valor máximo foi de 8,50 em uma parcela da Meia Encosta, o que representa um solo com alcalinidade elevada, e valor mínimo de 6,50 em uma parcela do Sopé, representando assim um solo com acidez média. O valor médio de todas as parcelas foi de 7,60 (Tabela 1), ou seja, pH com alcalinidade fraca. Quando aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que os sítios não apresentaram diferenças significativas quanto ao pH.

TABELA 1. Médias dos parâmetros observados, para os três sítios amostrais, quanto ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, no horizonte de 0-20 cm, para a área de estudo localizada no município de Laranjeiras - SE.

Parâmetros	Valores			Média Geral
	Ombro	Meia Encosta	Sopé	
pH em água	7,70 a	7,80 a	7,40 a*	7,60
Matéria Orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	27,26 b	27,94 b	34,53 a	29,91
CTC efetiva (cmolc/dm <sup>3</sup> )	40,68 b	51,06 ab	60,35 a	50,69
Sódio (mg/dm <sup>3</sup> )	0,24 b	0,30 ab	0,41 a	0,32
Potássio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,20 b	0,18 b	0,22 a	0,19
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	30,61 a	21,67 ab	6,8 b	19,69
Magnésio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,58 a	2,96 a	4,35 a	3,29
Cálcio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	37,41 b	47,61 ab	54,49 a	46,05

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Após as análises, para o horizonte de 0-20 cm, observou-se que o teor máximo de matéria orgânica foi de 38,60 g/dm<sup>3</sup> em uma parcela do Sopé e o valor mínimo foi de 19,70 g/dm<sup>3</sup> em uma parcela localizada no Ombro. O valor médio de matéria orgânica das 30 parcelas analisadas foi de 29,91 g/dm<sup>3</sup>. Verificou-se que os maiores teores de matéria orgânica foram observados no Sopé (34,53 g/dm<sup>3</sup>), o segundo maior na Meia Encosta (27,94 g/dm<sup>3</sup>) e o menor no Ombro (27,26 g/dm<sup>3</sup>). Após a aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade observou-se diferenças significativas entre as médias do Sopé em relação a do Ombro e Meia Encosta.

O valor máximo de CTC efetiva encontrado foi de 67,1 cmolc/dm<sup>3</sup> em uma parcela localizada no Sopé e o valor mínimo foi de 23,7 cmolc/cm<sup>3</sup> em uma parcela localizada no Ombro. O valor médio das 30 parcelas foi de 50,69 cmolc/dm<sup>3</sup>. O Ombro apresentou o menor

valor médio ( $40,68 \text{ cmolc/dm}^3$ ), menor que a média geral. A Meia Encosta apresentou valor médio de  $51,06 \text{ cmolc/dm}^3$ , bem próximo da média geral. Já o Sopé apresentou valor médio de  $60,35 \text{ cmolc/dm}^3$ , bem acima da média geral.

Quando realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que os valores médios do Sopé e do Ombro apresentaram diferenças significativas entre si. Porém, o valor médio da Meia Encosta não apresentou diferença significativa em relação aos outros dois sítios.

A média geral de sódio para as 30 parcelas foi de  $0,32 \text{ mg/dm}^3$ . O maior valor verificado foi de  $0,56 \text{ mg/dm}^3$  em uma parcela localizada no Sopé e o menor valor foi encontrado em uma parcela do Ombro ( $0,13 \text{ mg/dm}^3$ ). A média do Sopé foi a que apresentou maior valor ( $0,41 \text{ mg/dm}^3$ ) e não diferiu significativamente da média da Meia Encosta ( $0,30 \text{ mg/dm}^3$ ), porém apresentou diferença significativa da média do Ombro ( $0,24 \text{ mg/dm}^3$ ).

Para o Potássio o valor médio das 30 parcelas analisadas foi de  $0,19 \text{ cmolc/dm}^3$ . A menor taxa ( $0,13 \text{ cmolc/dm}^3$ ) foi encontrada em uma parcela localizada no Ombro e a maior ( $0,33 \text{ cmolc/dm}^3$ ) em parcela do Sopé. Quanto às médias dos três sítios, quando realizado o teste de Tuckey a 5% de probabilidade, elas não apresentaram diferenças significativas.

O Fósforo apresentou grande variação entre as parcelas, assim como entre os sítios. No Ombro, as parcelas apresentaram valor máximo de  $72,0 \text{ mg/dm}^3$  e mínimo de  $7,1 \text{ mg/dm}^3$ . Já a Meia Encosta obteve valor máximo de  $83,0 \text{ mg/dm}^3$  e mínimo de  $1,4 \text{ mg/dm}^3$  e no Sopé valor máximo de  $27,5 \text{ mg/dm}^3$  e mínimo de  $1,7 \text{ mg/dm}^3$ . O valor médio de Fósforo das 30 parcelas foi de  $19,69 \text{ mg/dm}^3$ . O Ombro apresentou diferença significativa em relação ao Sopé, porém a Meia Encosta não apresentou diferença significativa em relação aos outros dois sítios, quando aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O valor médio de Magnésio para as 30 parcelas foi de  $3,29 \text{ cmolc/dm}^3$ . As parcelas localizadas no Ombro apresentaram tanto o valor máximo ( $8,0 \text{ cmolc/dm}^3$ ) quanto o valor mínimo ( $0,2 \text{ cmolc/dm}^3$ ). Porém, quanto às médias dos três sítios, elas não apresentaram diferenças significativas entre si quando aplicado teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o Cálcio, foi encontrado um valor médio de  $46,50 \text{ cmolc/dm}^3$  para as 30 parcelas analisadas. O maior valor ( $62,8 \text{ cmolc/dm}^3$ ) foi observado em uma parcela do Sopé e o menor valor ( $23,2 \text{ cmolc/dm}^3$ ) em uma parcela do Ombro. As médias do Sopé e do Ombro apresentaram diferenças significativas, enquanto a média da Meia Encosta não diferiu significativamente das dos outros sítios, quando aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### **4.3.3. Horizonte de 21-40 cm**

As médias de pH em água (Tabela 2) apresentaram alcalinidade fraca (7,50) para as parcelas do Sopé e alcalinidade elevada para o Ombro (7,80) e Meia Encosta (7,80). O maior valor encontrado foi em uma parcela da Meia Encosta (8,60) que apresentou alcalinidade elevada e a menor no Sopé (6,50) apresentando acidez fraca.

TABELA 2. Médias dos parâmetros observados, para os três sítios amostrais, quanto ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, no horizonte de 21-40 cm, para a área de estudo localizada no município de Laranjeiras – SE.

Parâmetros	Valores			Média Geral
	Ombro	Meia Encosta	Sopé	
pH em água	7,80 a	7,80 a	7,50 a*	7,70
Matéria Orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	18,65 a	18,3 a	21,03 a	19,91
CTC efetiva (cmolc/dm <sup>3</sup> )	40,40 b	48,41 ab	56,57 a	48,46
Sódio (mg/dm <sup>3</sup> )	0,27 a	0,34 a	0,50 a	0,37
Potássio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,12 a	0,16 a	0,18 a	0,15
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	19,69 a	16,3 a	6,38 a	14,13
Magnésio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,06 b	2,94 ab	4,39 a	3,13
Cálcio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	37,94 b	45,09 ab	51,18 a	44,74

\*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Para a matéria orgânica foram observadas médias de 18,3 g/dm<sup>3</sup> para a Meia Encosta, 18,65 g/dm<sup>3</sup> para o Ombro e 21,03 g/dm<sup>3</sup> para o Sopé. O maior valor de matéria orgânica (27,7 g/dm<sup>3</sup>) foi encontrado em uma parcela do Sopé e o menor (12,0 g/dm<sup>3</sup>) em uma parcela do Ombro. Realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, as médias não apresentaram diferenças significativas.

Quanto à CTC efetiva, o menor valor observado (28,2 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi localizado em uma parcela do Ombro, já o maior valor (65,4 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi encontrado em uma parcela do Sopé. A média do Sopé (56,57 cmolc/dm<sup>3</sup>) apresentou diferença significativa do Ombro, a Tukey 5% de probabilidade. Porém, a média da Meia Encosta (48,41 cmolc/dm<sup>3</sup>) não apresentou diferenças significativas do Ombro (40,40 cmolc/dm<sup>3</sup>) e do Sopé.

A menor taxa de Sódio foi encontrada em uma parcela do Ombro (0,16 mg/dm<sup>3</sup>) e a maior (0,92 mg/dm<sup>3</sup>) no Sopé. A maior média foi localizada no Sopé (0,50 mg/dm<sup>3</sup>). A Meia Encosta apresentou média de 0,34 mg/dm<sup>3</sup> e a menor média foi encontrada no Ombro (0,27 mg/dm<sup>3</sup>). Porém, as médias não diferiram significativamente quando realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior taxa de potássio (0,38 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi encontrada em uma parcela da Meia Encosta, enquanto a menor taxa (0,06 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi encontrada em uma parcela do Ombro. A média para a área foi de 0,15 cmolc/dm<sup>3</sup>, já o maior valor (0,18 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi encontrado no Sopé e o menor valor (0,12 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi encontrado no Ombro. Quando realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, as médias dos 3 sítios amostrais não apresentaram diferenças significativas entre elas.

Quanto ao horizonte de 21-40, a menor taxa de Fósforo (1,5 mg/dm<sup>3</sup>) foi encontrada em uma parcela do Sopé e a maior em uma parcela do Ombro, assim como as médias. Porém, a Tukey 5% de probabilidade, as médias não apresentaram diferenças significativas.

Os menores teores de Magnésio (0,6 cmolc/dm<sup>3</sup>) foram encontrados em uma parcela do Ombro e em uma da Meia Encosta, enquanto que o maior teor (8,1 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi encontrado em uma parcela do Sopé. Em relação às médias dos três sítios, a menor média (2,06 cmolc/dm<sup>3</sup>) foi encontrada no Ombro e a maior média (4,39) foi encontrada no Sopé. Quando aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade as médias de Ombro e Sopé apresentaram diferença significativa, porém a Meia Encosta não apresentou diferenças

significativas dos outros dois sítios.

O menor valor de Cálcio foi encontrado em uma parcela do Ombro ( $27 \text{ cmol/dm}^3$ ) e o maior no Sopé ( $58,6 \text{ cmol/dm}^3$ ). Quanto às médias, Ombro e Sopé apresentaram diferenças significativas. A Meia Encosta não apresentou diferença significativa das demais, quando realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.3.4. Número de indivíduos

Quanto ao número de indivíduos, a média geral das 30 parcelas foi de 26,3 indivíduos por parcela.

Observou-se que as parcelas que apresentaram o maior e menor número de indivíduos, encontravam-se na Meia Encosta, com um total de 43 indivíduos e 16 indivíduos respectivamente.

O Ombro foi o sítio que apresentou os valores maiores de indivíduos seguido da Meia Encosta, e ambos diferiram significativamente do Sopé (Tabela 3).

TABELA 3. Valores totais do número de indivíduos por sítio, localizados na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras – SE.

Posição	Número de Indivíduos
Ombro	291 a*
Meia Encosta	281 a
Sopé	216 b

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t.

#### 4.3.5. Correlação

Para o fator Altura verificou-se correlação positiva com os parâmetros pH em água, fósforo, número de indivíduos e densidade absoluta (Tabela 4). E correlação negativa para os parâmetros matéria orgânica, CTC efetiva, sódio, magnésio e cálcio.

TABELA 4. Correlação de Pearson entre os parâmetros analisados e fatores observados na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE.

Parâmetros	Fatores	
	Altura das Parcelas	Matéria Orgânica
Matéria Orgânica	- 0,290	---
pH em água	+ 0,238	- 0,035
CTC efetiva	- 0,648	+ 0,651
Sódio	-0,602	+ 0,177
Potássio	- 0,133	+ 0,264
Fósforo	+ 0,651	- 0,142
Magnésio	- 0,618	+ 0,279
Cálcio	- 0,619	+ 0,697
Número de Indivíduos	+ 0,614	- 0,113
Densidade Absoluta	+ 0,609	- 0,055

Sinal de positivo antes do número demonstra correlação positiva e sinal negativo demonstra correlação negativa

Para o fator matéria orgânica, observou-se correlação positiva com os parâmetros CTC efetiva, sódio, potássio, magnésio e cálcio. Houve correlação negativa para os parâmetros pH, fósforo, número de indivíduos e densidade absoluta.

#### 4.4. Discussão

Com o desenvolvimento do Projeto de Compensação Ambiental, observou-se a deposição da serapilheira. Este compreende o material adicionado sobre o solo, composto por folhas, frutos, sementes, raízes, flores e resíduos animais, sendo o principal meio de transferência de nutrientes para o solo, promovendo a interação entre a ciclagem de elementos químicos inorgânicos e a transferência de energia (GOLEY et al., 1978; DELITTI, 1984). Dessa maneira, torna-se um reservatório valioso de matéria orgânica e de nutrientes (BRADY, 1983; REGENSBURGER, 2004).

Os dados de Matéria Orgânica encontrados, para o horizonte de 0-20 cm, demonstraram diferença significativa entre os dados do Sopé e os outros sítios analisados, verificando-se assim o aumento desta ao longo do perfil. Essa diferença significativa no teor de matéria orgânica do Sopé pode estar relacionada à variação do relevo, já que os três sítios encontram-se sob o mesmo material de origem (CAMPOS et al., 2010). Anjos et al. (1998), em seus estudos sobre a gênese de solos e as suas relações com a paisagem no sudeste do Brasil, afirmam que as formas de relevo definem as taxas de intemperismo e o comportamento do fluxo de água. Dessa maneira, observa-se que a maior taxa de matéria orgânica no Sopé pode ser reflexo do transporte, ao longo da topossequência, e consequente deposição em pontos mais à jusante, como observado por Schiettecate et al. (2008). Reis et al. (2007) observaram a variação da matéria orgânica em uma topossequência no norte do Brasil, obtendo dados similares quanto à maior quantidade de matéria orgânica na parte mais inferior da topossequência.

Outro fator para a presença da maior quantidade de matéria orgânica no Sopé é que essas áreas sofrem com inundação e submersão do solo. Este é o caso da área de estudo, já que há a influência da várzea e alta do lençol freático. Além disso, a área recebe o aporte de nutrientes, o que pode causar uma condição de hidromorfismo, proporcionando a diminuição de oxigênio, e consequentemente, a atividade de decompositores (CANELLAS et al., 2000).

O Ombro e a Meia Encosta apresentaram taxas de Matéria Orgânica muito similares e inferiores ao Sopé, o que evidencia uma perda de solo por erosão devido a sua posição na topossequência (SANTOS e SALCEDO, 2010). Dessa maneira, tais resultados atestam a ideia de Franzen et al. (1998) de que fluxos laterais e verticais de água em formas côncavas e convexas de relevo determinam ambientes específicos e uma variabilidade espacial para atributos do solo.

A CTC efetiva apresentou valores altos para os três sítios conforme a classificação proposta por Sobral et al. (2007), notando-se que a capacidade de retenção de cátions da área se mostrou elevada, no qual se observou que os teores de Cálcio, seguido de Magnésio, foram os grandes responsáveis pelo alto valor da CTC efetiva, ao contrário do Alumínio que apresentou quantidade menor que  $0,08 \text{ cmolc/dm}^3$  em todas as parcelas. Neste trabalho, observou-se que o maior valor de CTC efetiva foi encontrado no Sopé, diferindo significativamente do Ombro e Meia Encosta. Segundo Cannelas et al. (2000), a matéria orgânica exerce grande influência no aumento da CTC efetiva, demonstrando a sua importância para as propriedades químicas do solo. Sendo assim, podemos associar a alta CTC efetiva aos altos teores de matéria orgânica, uma vez que os ácidos orgânicos complexam o  $\text{H}^+$  e o  $\text{Al}^{+3}$  e há aumento da CTC pelo Potássio, Cálcio e Magnésio incorporados através dos resíduos decompostos. Desse modo, o maior valor de CTC efetiva no Sopé está associada a sua maior quantidade de matéria orgânica.

Quanto ao pH em água não foram verificadas diferenças significativas entre os três sítios de análise. O Sopé apresentou o menor teor, apesar da sua maior quantidade de matéria orgânica. Segundo Pavinato e Rosolem (2008), isso pode ocorrer devido à presença de ácidos orgânicos de alta massa molecular, de difícil dissolução e decomposição, que formam complexos com o Alumínio, reduzindo assim o seu efeito no pH do solo.

Os dados de Sódio apresentaram diferenças significativas para o Sopé, que foi o sítio que apresentou a maior taxa. Uma transferência ao longo da topossequência pode ser a

responsável pelo acúmulo de sais no sítio e/ou ainda a qualidade da água do lençol freático. Segundo Ferreira (1997), quando as águas freáticas ficam próximas à superfície do solo, pode ocorrer a concentração de sais devido à evapotranspiração.

Os valores de Fósforo diferiram significativamente do Ombro, para o Sopé. Fontana et al. (2013), em seus estudos sobre o fósforo em três topossequências, encontraram diferenças semelhantes entre a parte superior e a parte inferior da topossequência. De acordo com Meurer et al. (2006), isso ocorre devido a presença de Cálcio e Magnésio, que em altos teores, potencializa a formação de Fósforo insolúvel nos solos. O Fósforo também possui correlações negativas com pH em água e CTC, indicando que as reações que controlam a disponibilidade deste nutriente estão relacionadas, à presença de cátions na solução do solo, principalmente em solos com altos teores de bases trocáveis (FONTANA et al., 2013). Os dados encontrados no presente trabalho estão de acordo com essas afirmações, pois o menor valor de CTC efetiva e Cálcio foi encontrado no Ombro, ao contrário do Sopé que apresentou valores maiores desses parâmetros e consequentemente, valores menores de Fósforo.

Quanto aos valores de Cálcio, verificou-se tendência de crescimento dos teores a medida que a posição do relevo variava do Ombro até o Sopé, ação conjunta ao acúmulo de matéria orgânica nas parcelas mais baixas da topossequência, apresentando assim diferença significativa. Esse resultado assemelha-se aos encontrados por Borém e Ramos (2002) que estudando sobre a variação da serapilheira, em uma topossequência em um fragmento de Mata Atlântica pouco alterado no estado do Rio de Janeiro, observaram que os teores de Cálcio foram maiores no pedimento e meia encosta e menores no topo. A maior quantidade de Cálcio no Sopé pode ser explicada pelo menor nível de intemperismo e lixiviação, além da maior quantidade de matéria orgânica encontrada. Houve também influência da várzea, no qual o Cálcio é o cátion predominante nesse tipo de relevo (LIMA, 2001; LIMA et al., 2006). Estudos de Menezes e Salcedo (1999) e de Menezes et al. (2002), ressaltaram a contribuição da matéria orgânica aos maiores valores de Cálcio e Magnésio, sendo provavelmente uma resposta à quantidade presente no resíduo da matéria orgânica e não reflexo de nutriente presente no solo (PAVINATO e ROSELEM, 2008).

Após a análise do horizonte de 21-40 cm, verificou-se que a variação dos componentes químicos do solo ao longo da topossequência, acompanhou o que foi observado no horizonte de 0-20 cm. Houve aumento dos teores químicos, com exceção do fósforo, que diminuiu ao longo da topossequência.

Pelos dados apresentados anteriormente, observa-se uma diferença na quantidade dos parâmetros de acordo com a profundidade. Isto pode ocorrer em razão de as análises terem sido realizadas na camada superficial, o que pode superestimar esses valores (MOTTA NETO, 1996). Porém, de acordo com as observações de Zinn et al. (2012), a menor quantidade de matéria orgânica no horizonte de 21-40 cm pode ser atribuída à maior concentração de resíduos orgânicos e biomassa que são encontrados na superfície dos solos, havendo assim uma menor infiltração desses elementos. Santos et al. (2001), durante seus estudos sobre a influência de gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas no município de Alagoinha – PB, também observaram um decréscimo ao longo do perfil para os teores de Matéria Orgânica, Cálcio e Magnésio. Isto corrobora as observações de Falleiro et al. (2003), que estudando os diferentes tipos de preparos do solo na Estação Experimental de Coimbra – MG, observaram que os maiores valores de CTC na camada superficial acompanharam os maiores teores de matéria orgânica e cátions trocáveis.

Foi observado também que quanto maior a profundidade, menores foram os teores de fósforo, comprovando a baixa mobilidade do elemento (SILVA et al., 2007). Essa baixa mobilidade pode ocorrer, pois o acúmulo de matéria orgânica tem relação com a maior disponibilidade de fósforo; em camadas onde há maior quantidade de matéria orgânica potencialmente haverá a maior liberação de fósforo. Outro fato que possibilita a baixa mobilidade é a reação de adsorção do fósforo à superfície dos minerais de argila, como óxidos de Ferro e Alumínio (HINGSTON et al., 1972; GIACOMINI et al., 2003). Assim como o

fósforo, os teores de potássio também foram maiores na camada superficial, o que também foi observado nos estudos de Bayer e Mielniczuk (1997). Quanto ao magnésio, os valores foram muito similares entre as duas profundidades, o que também foi observado por Silva et al. (2007).

Os maiores teores de sódio no horizonte de 21-40 cm, principalmente no Sopé, podem ser explicados pela influência e qualidade da água do lençol freático, visto que o Sopé se encontra em uma área de influência da várzea (FERREIRA, 1997).

Através da observação dos dados de vegetação, verificou-se que os maiores valores de Número de Indivíduos encontraram-se no Ombro e diferiram significativamente dos valores observados no Sopé.

A vegetação das parcelas alocadas no Sopé apresentou um menor recobrimento, provavelmente devido à maior saturação hídrica do solo, o que pode ter proporcionado um aumento da resistência radicular e uma seletividade de espécies, relacionada com a adaptabilidade fisiológica à saturação hídrica do solo, conforme proposto por Rodrigues (1999). Apesar do menor recobrimento vegetal, as parcelas do Sopé apresentaram a maior quantidade de matéria orgânica em seus solos e pH um pouco menor. Isto pode ter ocorrido, pois a baixa disponibilidade de oxigênio em solos com maior saturação hídrica promove uma menor decomposição da matéria orgânica, ocorrendo seu acúmulo e aumento na acidez do solo (SILVA et al. 2009). Em contrapartida, as parcelas do Ombro e Meia Encosta apresentaram maior recobrimento vegetal, principalmente as do Ombro, pois de acordo com sua posição no relevo, possuem maior eficiência na infiltração de água, não proporcionando sua retenção e nem um maior acúmulo de matéria orgânica. Isto pode explicar o porquê dessas parcelas apresentarem taxas inferiores de matéria orgânica quando comparadas às do Sopé.

Quanto aos testes de Correlação de Pearson, realizados para verificar quais foram as influências do relevo e da matéria orgânica sobre os parâmetros químicos do solo e da vegetação analisada, é possível observar que houve uma correlação negativa entre a altura das parcelas e a matéria orgânica. À medida que o relevo progrediu do Ombro para o Sopé, houve um incremento de matéria orgânica. Essa correlação negativa, apesar de pequena, ajuda a confirmar que houve fluxo de massa e deposição entre os três sítios analisados, como já foi discutido anteriormente. Observou-se também uma correlação forte negativa entre a altura das parcelas e a CTC, o Cálcio e o Magnésio, e uma correlação positiva entre a Matéria Orgânica e esses mesmos parâmetros. Essa condição pode ser explicada pela maior quantidade de matéria orgânica, como é o caso do Sopé, e a maior presença de cátions, elevando assim a CTC efetiva. Quanto à correlação forte negativa do Sódio com a altura das parcelas, e correlação positiva da matéria orgânica com esse mesmo parâmetro, ocorreu devido à maior influência do lençol freático e da saturação hídrica das parcelas localizadas no Sopé. Dessa maneira, à medida que o relevo progrediu, justifica-se a maior quantidade de sódio.

Observou-se também uma correlação forte positiva entre a altura das parcelas, o número de indivíduos e a densidade absoluta, ao contrário da matéria orgânica, que apresentou, apesar de baixa, correlação negativa com os mesmos parâmetros. Tal fato, à primeira vista, pode parecer controverso, pois espera-se que as parcelas que contêm o maior número de indivíduos possuam a maior quantidade de matéria orgânica. Porém, como a maior quantidade de matéria orgânica foi encontrada nas parcelas do Sopé, caracterizadas pela influência da várzea e do lençol freático, a saturação hídrica pode ter provocado a deficiência de oxigênio nos solos, causando aumento da resistência radicular, redução da absorção de água pelas plantas e seletividade de espécies relacionadas à adaptabilidade à ocorrência de enchentes. Além disso, em solos com baixa disponibilidade de oxigênio, não há suficiente decomposição da matéria orgânica, provocando seu acúmulo e aumento da acidez do solo (RODRIGUES, 1999; LOBO e JOLY, 2000; SILVA et al., 2007). Essa elevação na acidez do solo também pode explicar porque o pH do Sopé foi menor em relação ao do Ombro e da Meia Encosta, além de explicar a relação positiva da altura das parcelas e o pH. Do mesmo



modo, a relação negativa da matéria orgânica com o pH, pode ter sido alterada pelas condições encontradas nas parcelas do Sopé.

Quando realizada a comparação dos dados deste trabalho da análise química do solo, com os dados da análise realizada antes da implantação do Projeto de Compensação Ambiental para a área relativa à Meia Encosta (Tabela 5) e Sopé (Tabela 6), respectivamente, percebe-se que os maiores teores de matéria orgânica foram encontrados nas análises atuais do solo.

TABELA 5. Análise química do solo para área relativa a Meia Encosta no ano de 2005 e 2014, na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, em Laranjeiras - SE.

Parâmetros	Horizontes			
	0 – 20 cm		21 – 40 cm	
	2005	2014	2005	2014
pH em água	8,00	7,80	8,50	7,80
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	0,40	21,67	1,20	16,3
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	11,00	70,20	25,00	64,40
Cálcio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	19,20	47,61	52,70	45,09
Magnésio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,70	2,96	0,30	2,94
Acidez potencial (H + Al) (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,60	0,00	0,90	0,00
CTC efetiva (cmolc/dm <sup>3</sup> )	19,90	51,06	53,10	48,41
Matéria Orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	5,00	27,94	12,00	18,3

Fonte: Ferreira et al., 2011.

TABELA 6. Análise química do solo para área relativa ao Sopé no ano de 2005 e 2014, na área de compensação ambiental da Votorantim Cimentos, em Laranjeiras - SE.

Parâmetros	Horizontes			
	0 – 20 cm		21 – 40 cm	
	2005	2014	2005	2014
pH em água	8,30	7,40	8,40	7,50
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	25,60	6,80	0,90	6,38
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	41,00	85,80	33,00	70,20
Cálcio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	26,80	54,49	30,50	51,18
Magnésio (cmolc/dm <sup>3</sup> )	1,20	4,35	0,90	4,39
Acidez potencial (H + Al) (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,70	0,00	0,80	0,00
CTC efetiva (cmolc/dm <sup>3</sup> )	28,10	60,35	31,50	56,57
Matéria Orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	26,00	34,53	8,00	21,03

Fonte: Ferreira et al., 2011.

Essa observação é feita com frequência na literatura e é explicada devido ao maior aporte de resíduos orgânicos ao solo, proporcionado pela deposição da serapilheira (TIESEN et al., 1992). Os estudos de Correia e Alleoni (2011) observaram diferenças parecidas com as deste estudo. As taxas mais elevadas de CTC efetiva, Magnésio e Cálcio ressaltaram a importância da incorporação da matéria orgânica para a capacidade de troca catiônica desses solos, característica observada também em outros trabalhos como Menezes e Salcedo (1999) e Menezes et al. (2002). Essa diferença ocorre em razão dos processos de erosão e retirada de nutrientes pela colheita dos produtos agropecuários, provocando diminuição na fertilidade do solo (MENEZES e SAMPAIO, 2000). Já os valores maiores de pH, antes da instalação do projeto, podem ter ocorrido pela prática da queima da cana-de-açúcar e incremento devido às cinzas. Porém, em curto espaço de tempo, pode haver retorno a teores mais ácidos (SANTOS et al., 2009).

#### **4.5. Conclusões**

O relevo influencia nos atributos químicos do solo ao longo da topossequência, através do fluxo de massa e deposição de nutrientes.

A incorporação de matéria orgânica, via serapilheira, possibilita o aumento das taxas de Cálcio, Magnésio, Potássio e diminuição da acidez potencial ao longo da topossequência.

A deposição vegetal influencia o aumento das taxas de cálcio e magnésio, e o consequente aumento da CTC efetiva. Os teores menores de CTC efetiva e Cálcio no Ombro possibilitam a presença do alto de teor de Fósforo.

Solos com baixa infiltração de água, aliado à deposição de nutrientes, favorecem a presença de maiores teores de Matéria Orgânica, Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio.

A maior profundidade dos solos, associada à maior infiltração de água no solo possibilitam melhor desenvolvimento da vegetação e a presença do maior número de indivíduos nas parcelas mais altas da topossequência.

#### 4.6. Referências Bibliográficas

ANJOS, A.; COUTO, H.T.Z.; BATISTA, J.L.F.; REIS, A. Análise do efeito de um manejo em regime de rendimento sustentável sobre o padrão de distribuição espacial do palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius), utilizando a Função K de Ripley. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.2, p.215-125, 1998.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.235-239, 1997.

BOMFIM, L.F.C.; COSTA, I.V.G. da; BENVENUTI, S.M.P. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. **Diagnóstico do Município de Laranjeiras**. Aracaju: CPRM, 2002. p.25.

BORÉM, R.A.T.; RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Lavras, v.8, p.42-59, 2002.

BRADY, N. C. Matéria orgânica dos solos minerais. In: BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. p.337-375.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa Nº 2, de 9 de outubro de 2008. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Brasília, 2008.

CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T; CAMARGO, L.A. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 519-529, 2007.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUZA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R.; ALMEIDA, M.C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazonica**, INPA, Manaus, vol. 42, n.3, p.387-398, 2012.

CAMPOS, J.R.R.; SILVA, A.C.; VASCONCELOS, L.L.; SILVA, D.V.; ROMÃO, R.V.; SILVA, E.B.; GRAZZIOTTI, P.H. Pedochronology and development of peat bog in the environmental Protection Area Pau-de-Fruta - Diamantina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.34, p.1965-1975, 2010.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; RUMJANEK, V.M.; MORAES, A.A.; GURIDI, F. Avaliação de características de ácidos húmicos de resíduos sólidos urbanos I. Métodos espectroscópicos (IV, UV e RMN <sup>13</sup>C) e microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.24, p.741-750, 2000.

CARVALHO, A.R.; OLIVEIRA, M.V.C. **Princípios básicos de saneamento do meio**. SENAC, São Paulo, 2010. p.400.

CIENTEC-Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda. **Mata nativa**: sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas. São Paulo, 2002.

CORREIA, C.O. **Sergipe Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos**. Versão 1.1. Departamento de Administração e Controle de Recursos Hídricos, Coordenadoria de Informações sobre Recursos Hídricos, Sergipe, 2004.

CORREIA, L.B.; ALLEONI, L.R.F. Conteúdo de carbono e atributos químicos de Latossolo sob cana-de-açúcar colhida com e sem queima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, p.944-952, 2011.

DELITTI, W.B.C. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* var. *elliottii***. 1984, 248 p. Tese de Doutorado (Ecologia Vegetal), Instituto de Botânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

DRUMOND, M.A.; BARROS, N.F. de; SILVA, A.F. da; MEIRA NETO, J.A.A. Alterações fitossociológicas e edáficas da mata atlântica em função das modificações da cobertura vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.4, p. 451-466, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. p.212.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.1097-1104, 2003

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008.

FERREIRA, P.A. Aspectos físico-químicos do solo. In: GHEYI, H.R. et al. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB/SBEA, cap.2, p.37-67. 1997.

FERREIRA, R.A.; RIBEIRO, G.T.; GOMES, L.J.; MESQUITA, J.B.; PEDROTTI, A. **Restauração de áreas de compensação da Cimento Sergipe S.A. (CIMESA)**. Relatório Técnico Final, São Cristóvão, 2011. 50 p.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; SANTOS, A.C.; BERMINI, T.A.; ANJOS, L.H.C. dos; FERNÁNDEZ, C. F. D.; PEINADO, F. J. M. Fósforo remanescente em solos formados sob diferentes materiais de origem em três topossequências, Pinheiral- RJ. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v.34, n.5, p.2089-2102, 2013.

FRAZEN, D.W.; CIHACEK, L.J.; HOFMAN, V.L.; SWENSON, L.J. Topography-based sampling compared with grid sampling in the northern Great Plains. **Journal of Production Agriculture**, v.11, p.364–370, 1998.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.325-334, 2003.

GOLLEY, F.B.; Mc GINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.L.; DUEVE, M.S. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo, Pedagógica e Universitária, p.256, 1978.

HINGSTON, F.J.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the próton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science**, Hoboken, v.23, n.2, p.177-192, 1972.

JAFARI, M.; ZARE CHAHOUKI, M.A.; TAVILI, A.; AZARNIVAND, H. Soil-Vegetation Relationships in Hoz-e-Soltan Region of Qom Province, Iran. **Pakistan Journal Nutrition**, Faisalabad, v.2, p.329-334, 2003.

LEMOES, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, ed.3, 1996. 84p.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma topossequência da bacia sedimentar do Alto Solimões, Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, n.1, 2006.

LIMA, H.N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. 2001, p.176. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LOBO, P.C.; JOLY, C.A. Aspectos Ecofisiológicos da Vegetação de Mata Ciliar do Sudeste do Brasil. In: **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p. 143-157, 2000.

MARANGON, L.C. **Florística e fitossociologia de área de floresta estacional semidecidual visando dinâmica de espécies florestais arbóreas no município de Viçosa, MG**. 1999, p.135. Tese de Doutorado (Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H. Influence of tree species on the herbaceous understory and soil chemical characteristics in a silvopastoral system in semi-arid northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.23, p.817-826, 1999.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H.; ELLIOTT, E.T. Microclimate and nutrient dynamics in a silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.56, p.27-38, 2002.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: OLIVEIRA, T.S., ROMERO, R.E., ASSIS JR., R.N., SILVA, J.R.C.S. (eds.). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza, SBCS, p.20-46, 2000.

MEURER, E.J.; RHEINHEIMER, D.; BISSANI, C.A. Fenômenos de sorção em solos. In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p.285.

MORENO, M.I.C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.4, p.21-35, 2001.

MOTTA NETO, J.A. Processos químicos e físicos na dinâmica de recuperação de solos degradados: uma visão interior. In: **Recuperação de áreas degradadas – III Curso de Atualização**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1996. p.129-133.

MOURA, M.A. **Análise da vegetação em área de recuperação da mata atlântica, no município de Laranjeiras, SE**. Relatório do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014. 23.p.

OLIVEIRA, I.J. Chapadões descerrados: relações entre vegetação, relevo e uso das terras em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 34, n. 2, p. 311-336, 2014.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, n.3, p. 911-910, 2008.

PHILLIPS, D.H.; FOSS, J.E.; STILES, C.A.; TRETTIN, CARL C.; LUXMOORE, R.J. Soil-landscape relationships at the lower reaches of a watershed at Bear Creek near Oak Ridge, Tennessee. **Catena**, Amsterdam, v.44, n.3, p.205- 222, 2001.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

REGENSBURGER, B. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila através da regularização topográfica, da adição de insumos e serrapilheira, e de atratores da fauna**. 2004. 99p. Dissertação de Mestrado (Ciências Agrárias), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

REIS, M.S.; FERNANDES, A.R.; GRÍMALDI, C.; SARRAZINIV, M.; GRIMALDI, M. Variação da composição granulométrica e orgânica do solo em uma topossequência da microrregião de Marabá-PA. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi. **Ciência Nativa**, Sinop, v.2 n.3, 2007.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, S.A. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 4.ed. Viçosa, NEPUT, 2002. 338p.

RODRIGUES, R.R. **A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno**. Circular técnica IPEF n.189, 1999.

RUHE, R.V., WALKER, P.W. Hillslope models and soil formation: I. Open systems. In: J.W. Holmes, editor, **Transactions of the 9th International Congress of Soil Science, Adelaide, Australia**. Elsevier, New York, v.4, p.551–560, 1968.

SANTOS, A.C.; SALCEDO, I.H. Relevo e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da represa Vaca Brava, Areia, PB. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.2, p.277-285, 2010.

SANTOS, A.C.; SALCEDO, I.H.; CANDEIAS, A.L.B.; GALVÃO, S.R.S. Influência do uso e da posição do perfil no relevo na fertilidade de solos em áreas de encosta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n. 1, p. 31-37, 2009.

SANTOS, A.C.; SILVA, I.F.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, A.P.; CAVALCANTE, V.R. Gramíneas e leguminosas na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, p.1063-1071, 2001.

SANTOS, R.A.; MARTINS, A.A.M; NEVES, J.P.N.; LEAL, R.A. **Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe**. Brasília, CPRM / CODISE. 1998.

SCHIETTECATTE, W.; GABRIELS, D.; CORNELIS, W.M.; HOFMAN, G. Impact of deposition on the enrichment of organic carbon in eroded sediment. **Catena**, Amsterdam, v.72, n.2, p.340–347, 2008.

SILVA, A.C.; VAN DEN BERG, E.; HIGUCHI, P.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MARQUES, J.J.G.S.M.; APPOLINÁRIO, V.; PIFANO, D.S.; OGUSUKU, L.M.; NUNES, M.H. Florística e estrutura da comunidade arbórea em fragmentos de floresta aluvial em São Sebastião da Bela Vista, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.32, n.2, p.283-297, 2009.

SILVA, R.C.; PEREIRA, J.M.; ARAÚJO, Q. R.; PIRES, A.J.V.; DEL REI, A.J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.31, n.1, p. 101-107, 2007.

SILVA JÚNIOR, M.C. Comunidades de árvores e sua relação com os solos na Mata do Pitoco, Reserva Ecológica do IBGE, Brasília - DF. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, p.29-40, 1998.

SOBRAL, L.F.; VIÉGAS, P.R.A.; SIQUEIRA, O.J.W.; ANJOS, J.L.; BARRETO, M.C.V.; GOMES, J.B.V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, ed. 1, v.1, 2007. p.251.

TIESSEN, H.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Nutrient and soil organic matter dynamics under shifting cultivation in semi-arid northeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.38, n.3, p.139-151, 1992.

TOMÉ JR., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997.

TORRADO, P.V.; LEPSCH, I.F.; CASTRO, S.S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, p.145-192, 2005.

VELLOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. p.123.

WYSOCKI, D.A.; SCHOENEBERGER, P.J.; LAGARRY, H. E. Soil surveys: a window to the subsurface. **Geoderma**, Amsterdam, v.126, n.2, p.167-180, 2005.

ZINN, Y. P; GUERRA, A.R.; SILVA, A.C.; MARQUES, J.J.; OLIVEIRA, G.C.; CURTI, N. Perfis de carbono orgânico do solo nas regiões sul e serra do espinhaço meridional, Minas Gerais: modelagem em profundidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.36, p.1395-1406, 2012.

## 5. ARTIGO 2: RELAÇÃO ENTRE VEGETAÇÃO E SOLO DE UMA TOPOSEQUÊNCIA, EM REFLORESTAMENTO MISTO, EM LARANJEIRAS – SE

### RESUMO

Entender a composição florística é essencial para o conhecimento da estrutura da vegetação, possibilitando informações qualitativas e quantitativas sobre a comunidade local e a tomada de decisões para o melhor manejo de cada tipo de vegetação. Ele é indicado para conhecer as espécies da comunidade florestal, fazendo-se necessário também o estudo do solo e da topografia, para se entender as relações entre comunidades. Nesse sentido, o presente trabalho foi realizado com o intuito de analisar, descrever e associar a diversidade florística e estrutura do componente arbóreo, ao longo da toposequência e compreender o comportamento, semelhanças e diferenças, do povoamento e de sua estrutura em área de reflorestamento misto com idade de 10 anos, em Laranjeiras – SE, em uma região de Mata Atlântica. Para tanto, foram instaladas 30 parcelas amostrais, que posteriormente foram analisadas de acordo com a posição topográfica em Ombro, Meia Encosta e Sopé. Para avaliar as semelhanças e/ou diferenças entre as variações topográficas, foi realizada uma comparação entre as espécies florestais arbóreas nos três pontos topográficos estudados, de acordo com a estrutura horizontal, diversidade florística, distribuição diamétrica e estrutura vertical. As três espécies que apresentaram o maior IVI, no Ombro, foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (34,93%), *Cassia grandis* L.f (13,19%) e *Erythrina velutina* Willd. (7,64%). Para a Meia Encosta foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (28,8%), *Cassia grandis* L.f (17,83%) e *Syzygium cumini* (L.) Skeels (9,9%). Já para o Sopé, foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (36,08%), *Cassia grandis* L.f (18,12%) e *Lonchocarpus sericeus* (Pocr.) Kunth. (8,67%). Quanto ao Densidade Absoluta o Ombro apresentou o maior valor (485 ind/ha), seguido pela Meia Encosta (468,3 ind/ha) e pelo Sopé (360 ind/ha), porém quando observada a Área Basal a Meia Encosta apresentou o maior valor (4,93 m<sup>2</sup>/ha), seguida do Ombro (4,92 m<sup>2</sup>/ha) e Sopé (4,29 m<sup>2</sup>/ha). De modo geral, a distribuição diamétrica para os três sítios amostrais apresentou um gráfico com modelo de curva de J-reverso, onde houve uma maior concentração de indivíduos nas menores classes de diâmetro indicando assim processo de regeneração na área. Com relação a estrutura vertical, para as três áreas de estudo, foi observada uma maior concentração de indivíduos no estrato médio, seguido de indivíduos no estrato inferior e no estrato superior. Percebeu-se também que houve preferência de poucas espécies em ambientes distintos da toposequência. Dessa maneira, a topografia representa uma importante fonte de variação do componente arbóreo, influenciando na distribuição das espécies, na diversidade e na representatividade.

**Palavras-chave:** composição florística, parâmetros fitossociológicos, recuperação ambiental, relevo.



## ABSTRACT

### RELATION BETWEEN THE VEGETACION AND THE TOPOSEQUENCE SOIL, IN A REFORESTACION AREA IN LARANJEIRAS – SE

The study of the floristic composition is critical to the knowledge of the vegetation structure, enabling qualitative and quantitative information about the area under study and decision making for the best management of each type of vegetation. However, it is only recommended to get to know the species of the forest community, making it necessary to study soil and topography, as these are fundamental to understand the correlations that may occur with the vegetation. The present study aimed to analyze, describe and link the floristic diversity and structure of the tree component in a mixed reforestation area, in Laranjeiras - SE, in the Atlantic Forest region along the topossequence and understand the behavior, similarities and differences, the settlements and its structure in the area. To this end, the 30 analyzed installments were divided according to topographic position in Shoulder, Backslope and Footslope. In order to assess the similarities and / or differences between the topographical variations, a comparison was made between the forest tree species in the three topographical points studied, according to the horizontal structure, floristic diversity and diameter distribution. The three species that had the highest IVI in the Shoulder, were *Shinus terebinthifolius* Raddi (34,93 %), *Cassia grandis* L.f. (13,19%) and *Erythrina velutina* Willd. (7,64 %). For Backslope were *Shinus terebinthifolius* Raddi (28.8%), *Cassia grandis* L.f. (17,83 %) and *Syzygium cumini* (L.) Skeels (9,9%). As for the Footslope were *Shinus terebinthifolius* Raddi (36,08 %), *Cassia grandis* L.f. (18,12 %) and *Lonchocarpus sericeus* (Pocr.) Kunth. (8,67%). As for the absolute density, the Shoulder presented the highest value (485 ind / ha), followed by Backslope (468.3 ind / ha) and the Footslope (360 ind / ha), but when viewed BA the Backslope showed the highest value (4.93 m<sup>2</sup> / ha), followed by Shoulder (4.92 m<sup>2</sup> / ha) and Footslope (4.29 m<sup>2</sup> / ha). In general , the diameter distribution for the three sampling sites presented a graph of reverse J- curve model , where there was a greater concentration of individuals in smaller diameter classes, indicating regeneration process in the area. With respect to vertical structure for the three study areas, a higher concentration of individuals in the middle stratum, followed by individuals in the lower layer and upper layer was observed. The study revealed that there preference by few species for distinct topossequence environments. Thus, the topography is an important source of variation of the tree component, influencing the distribution of species, diversity and representativeness.

**Key-words:** floristic composition, phytosociology, environmental recovery, relief.

## 5.1. Introdução

O estudo da composição florística é fundamental para o conhecimento da estrutura da vegetação, possibilitando informações qualitativas e quantitativas sobre a flora local, permitindo a escolha e tomada de decisões para o desenvolvimento de iniciativas de manejo para cada tipo de vegetação (FELFILI et al., 2002; MARTINS, 1991).

A fitossociologia engloba o estudo das interrelações de espécies vegetais dentro de uma fitofisionomia, referindo-se ao conhecimento quantitativo da composição, estrutura, funcionamento, dinâmica e relações ambientais. Além da investigação das causas e efeitos da coabitação de plantas em um dado ambiente, dados por meio da estrutura horizontal e vertical, mortalidades, presença de cipós, dentre outros, assim como a identificação das espécies da comunidade florestal (MORO e MARTINS, 2011).

No contexto da composição da vegetação, Reatto et al. (2008) destacam que ocorrem fortes correlações entre o solo, a topografia e vegetação, sendo fundamental o entendimento dessas relações para o estudo do comportamento de ambos no ambiente. A relação entre esses elementos é bastante diversificada e de grande valor informativo, uma vez que o padrão de distribuição espacial dos atributos do solo e suas relações de dependência com a disposição do relevo, fazem com que o solo apresente diferenças em cada segmento, influenciando o desenvolvimento das espécies, sendo assim um fator de grande importância para o manejo da paisagem (BUI et al., 1999; BRITO et al., 2006).

Importante observar que o relevo influencia, através das variações de declividade, os processos de formação dos solos, a drenagem interna e externa e modifica as condições microclimáticas locais alterando assim os aspectos da paisagem (RESENDE et al., 1992). Essas diferentes formas da paisagem, expressas pelo relevo, promovem variações nos atributos do solo em magnitudes diferenciadas, dependentes de um local específico da paisagem, sendo importantes indicadores quanto às possibilidades e restrições de ocupação do solo (IPPOLITI et al., 2005; OLIVEIRA, 2014).

Tais variações estão correlacionadas com o clima e a presença ou ausência de cobertura vegetal, além da fisiologia, fisionomia e ecologia da vegetação na paisagem. Desta forma, a presença e o estágio de desenvolvimento da vegetação é de fundamental importância para o processo de erosão, bem como para a sustentabilidade dos solos, em especial pela manutenção do equilíbrio diante da atuação da água. Contudo, simples variações de declividade promovem também variações na distribuição dos tipos de solos, no material de origem, na mineralogia e no grau de fertilidade influenciando diretamente na distribuição da vegetação. Assim, solos mais férteis, por exemplo, tendem a permitir o desenvolvimento de uma vegetação mais densa e de maior porte, como as florestas (OLIVEIRA, 2014).

As características de solos em pontos distintos de uma topossequência, associadas às características da vegetação arbórea permitem avaliar, a preferência de determinadas espécies a ambientes ao longo da topossequência, até mesmo, as espécies que são indiferentes, ocorrendo em qualquer local (MARANGON, 1999).

Dessa maneira, o conhecimento das relações do solo, topografia e vegetação permitem uma melhor compreensão das condições naturais do ecossistema, além de um melhor entendimento da ecologia da vegetação, possibilitando minimizar possíveis consequências dos processos de intervenção do ambiente.

Nesse sentido, este estudo tem o objetivo de analisar, descrever e associar a diversidade florística e estrutura do componente arbóreo, de um reflorestamento misto, ao longo da topossequência e compreender o comportamento, semelhanças e diferenças, do povoamento e de sua estrutura na área, podendo servir para análises posteriores da vegetação.

## 5.2. Material e Métodos

### 5.2.1. Caracterização da área de estudo

O Município de Laranjeiras possui 163,60 km<sup>2</sup> e está localizado na mesorregião Leste de Sergipe, microrregião Baixo Cotinguiba, na divisão climática Litoral Úmido (CORREIA, 2004). Encontra-se a 18km da capital do Estado, Aracaju, entre as coordenadas 10°48'22" de latitude Sul e 37°10'18" de longitude Oeste.

O município encontra-se sobre as rochas do Grupo Sergipe, que são representados pelas formações Cotinguiba e Riachuelo, sendo seu relevo dissecado com colinas flúvio-marinhas com predominância de clima megatérmico seco e sub-úmido (SANTOS et al., 1998). Apresenta temperatura média anual de 25,2°C, índice pluviométrico médio de 1.279,3 mm por ano, período mais chuvoso entre março e agosto e período mais seco entre setembro e fevereiro (BOMFIM et al., 2002). Predomina na região a vegetação caracterizada como Floresta Estacional Semi-decidual, conforme a Classificação da vegetação brasileira (VELLOSO et al., 1991).

A área de estudo é resultado do Projeto de Compensação Ambiental, realizado no ano de 2005 pela empresa Votorantim Cimentos, na Fazenda Brandão, em parceria com a Universidade Federal de Sergipe.

A área adotada (Figura 1) possui aproximadamente 48 ha, situada na Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. É limitada com as dependências da empresa, com remanescentes de mangue e com pequena área de mata nativa.

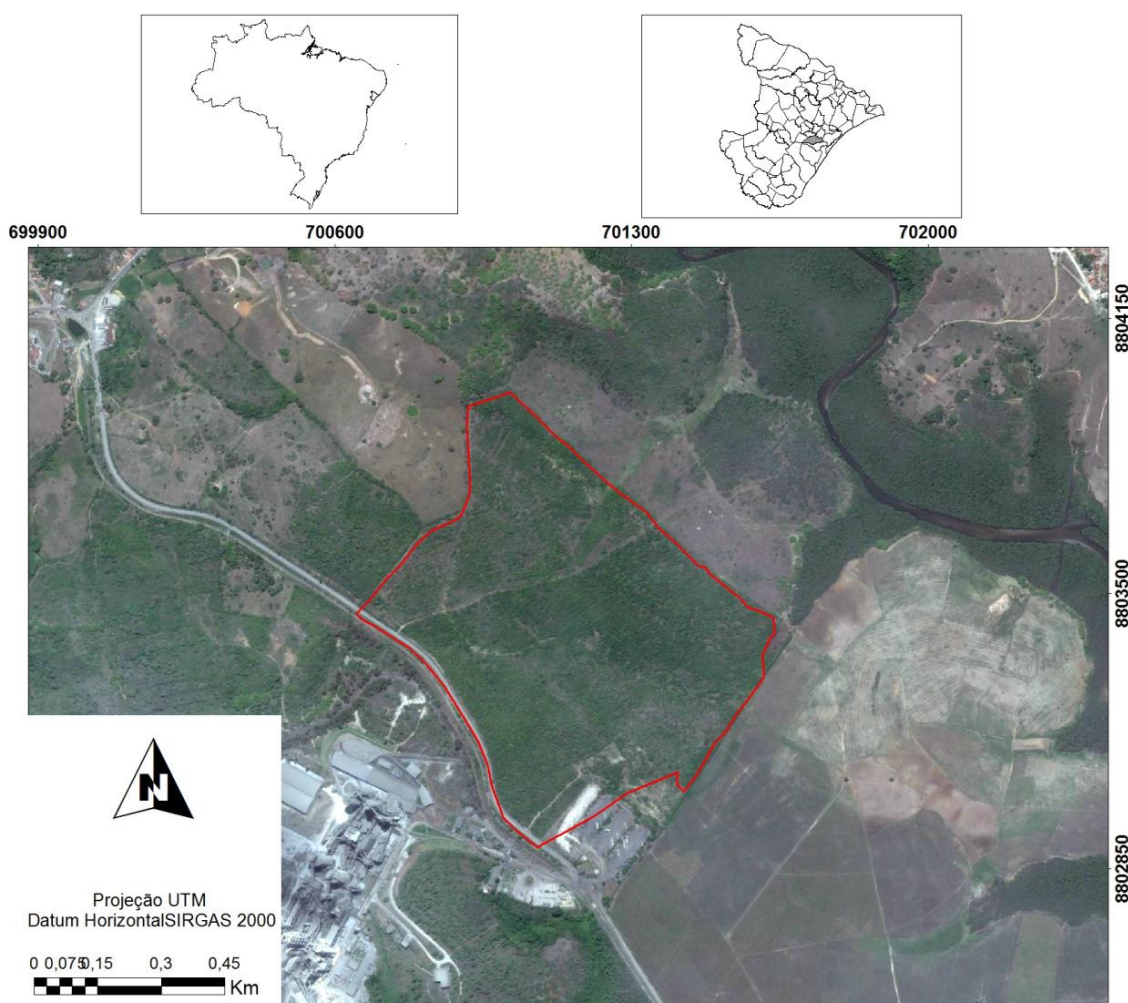


FIGURA 1. Localização da área de estudo na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, localizada na Fazenda Brandão, no município de Laranjeiras - SE.

O local antes da instalação do Projeto de Compensação Ambiental era destinado ao monocultivo da cultura de cana-de-açúcar (Figura 2), onde realizavam-se todos os tratos culturais necessários, como aração, adubação, eliminação de plantas consideradas invasoras, colheita e etc.



FIGURA 2. Área de estudo antes da implantação do Projeto de Compensação Ambiental, com o monocultivo de cana de açúcar no ano de 2005, na Fazenda Brandão no município de Laranjeiras - SE (Fonte: FERREIRA et al., 2011).

### 5.2.2. Histórico do Projeto de Compensação Ambiental

No ano de 2005 foi estabelecida uma parceria entre a Votorantim Cimentos e o Curso de Engenharia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Sergipe, com o objetivo de implantar um Projeto de restauração ambiental em uma área de Reserva Legal da empresa.

O projeto teve início com a identificação e mapeamento das áreas quanto aos parâmetros físicos, químicos e formas da vegetação, além da identificação das glebas, levando-se em consideração os níveis de pedregosidade, relevo, tipos de solo e declividade. Este procedimento foi realizado para identificar as topossequências mais representativas da área, além da abertura de dois perfis; um no final do terço superior da encosta, e outro no ponto do sopé. Em seguida, foi realizada a caracterização e definição geral da descrição morfológica dos perfis do solo, análise granulométrica pelo método de Boyoucos e a coleta de amostras deformadas de solo para análises químicas (FERREIRA et al., 2011).

A formação geológica e litológica da área foi identificada como do Cretáceo Inferior, sendo o seu material de origem proveniente da decomposição do calcário da Formação Riachuelo, tendo um relevo ondulado, formado por um conjunto de colinas de topos arredondados e vertentes ligeiramente convexas de dezenas de metros e vales dissecados e encaixados em “V” (FERREIRA et al., 2011).

O perfil de solo da Gleba 1 foi classificado como Chernossolo Háplico Órtico típico, textura média/argilosa, relevo suave ondulado a ondulado, com boa drenagem e 7% de declividade. Já o perfil de solo da Gleba 2 como Chernossolo Háplico Órtico típico, textura cascalhenta/média/argilosa, relevo suave ondulado a ondulado, com drenagem moderada e 6% de declividade. Apresentam contraste marcante entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, onde aparece o horizonte A escuro devido ao, relativamente elevado, conteúdo de matéria orgânica (FERREIRA et al., 2011).

Quanto às condições de drenagem, em conformidade com Lemos e Santos (1996) são moderadamente drenados, com pedregosidade ausente, apesar da observação de alguns fragmentos de rocha parcialmente intemperizados na superfície do solo da área de estudo. A erosão ocorrente na área foi classificada como laminar ligeira, embora também se tenha constatado presença de erosão em sulcos na área devido à ocorrência de chuvas intensas e as condições físicas do solo e de relevo predominantes (FERREIRA et al., 2011).

Para a implantação do projeto, foram selecionadas espécies com base na vegetação de remanescentes próximos a área, a partir de visitas à propriedade da Empresa, observando-se o seu potencial para trabalhos de restauração e sua função ecológica no ambiente. A produção de mudas foi realizada no Viveiro Florestal, construído nas instalações do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Sergipe. Foram plantadas mudas de espécies nativas do estado de Sergipe, totalizando 31 espécies (Anexo 1A).

O plantio foi escalonado em anos consecutivos (2005 e 2006), empregando-se o modelo de sucessão ecológica, em esquema de quincênio, alternando-se espécies de crescimento rápido com as de crescimento lento, em espaçamento 3x3m. Deste modo, foram plantadas 1.111 mudas/ha, revegetando com sucesso a área (Figura 3). Posteriormente, foi realizado o monitoramento constante das áreas implantadas até o 24º mês, sendo avaliadas as características de crescimento (altura total e diâmetro do colo) e a sobrevivência, terminando em 2008 o primeiro ciclo de avaliações.





FIGURA 3. Área do Projeto de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no ano de 2014, em Laranjeiras - SE: A- Vista Oeste/Leste da entrada da área de Compensação Ambiental; B- Vista Norte/Sul da confrontação oeste com a estrada que liga Nossa Senhora do Socorro a Laranjeiras; C- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Ombro; D- Estágio atual de desenvolvimento em parcela do Sopé.

No ano de 2014 foi realizada a instalação de 30 parcelas fixas (Figura 4) de 600 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m), distribuídas sistematicamente no interior do fragmento, distantes 127 m entre si, totalizando uma área amostral de 1,8ha (MOURA, 2014). Após a instalação das parcelas, foram tomadas as medidas do DAP (diâmetro à altura do peito – 1,30 m do solo) e altura total, com o uso da fita métrica e de vara telescópica. Em seguida foram analisados os seguintes parâmetros fitossociológicos: Densidade Absoluta; Densidade Relativa; Frequência Absoluta; Frequência Relativa e Índice de Valor de Importância (MOURA, 2014). Foi utilizado o

software Mata Nativa 2 (CIENTEC, 2002), que se encontra instalado e licenciado para uso na Universidade Federal de Sergipe.

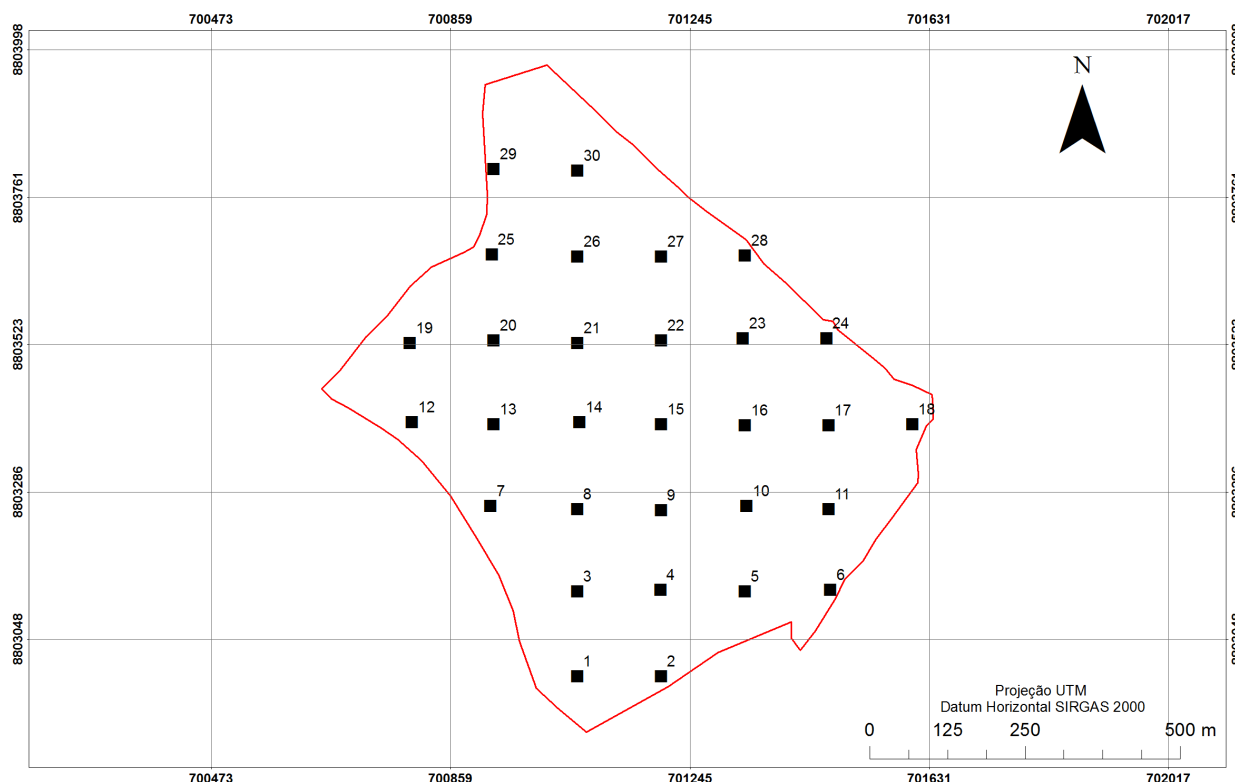


FIGURA 4. Mapa de situação das 30 parcelas experimentais na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE.

Após as análises, foram observados 788 indivíduos, representados por vinte espécies, pertencentes a sete famílias taxonômicas (Anexo 2) (MOURA, 2014).

### 5.3 Amostragem e Coleta de Dados

De acordo com a topografia da área de estudo foi possível dividir as 30 parcelas, cada uma medindo 600 m<sup>2</sup> (20 x 30 m) totalizando uma área amostral de 1,8 ha de acordo com sua posição na topossequência: Ombro, Meia Encosta e Sopé. Para avaliar a semelhança e/ou diferenças entre as variações topográficas, foi realizada uma comparação entre as espécies florestais arbóreas nos três pontos topográficos estudados.

#### 5.3.1. Estrutura Horizontal

O estudo fitossociológico foi realizado considerando-se a estrutura horizontal, ou seja, a distribuição espacial das espécies arbóreas que compõem a vegetação. Para esta análise, utilizou-se estimativas dadas pela análise dos resultados dos cálculos de densidade, frequência e dominância das espécies, além do Índice de Valor de Importância (IVI), que resumiu os três parâmetros mencionados.

Densidade é o número de indivíduos de determinada espécie que compõe a comunidade de plantas da área estudada e se entende por dominância a proporção de tamanho, volume e/ou cobertura de cada espécie em relação ao espaço amostral (MARTINS, 1991). A frequência mede a distribuição de cada espécie e é definida como a probabilidade de observar determinada espécie numa unidade amostral (KUPPER, 1994). Os parâmetros fitossociológicos calculados foram: frequência absoluta e relativa; densidade absoluta e

relativa; dominância absoluta e relativa; valor de importância. Segundo Moreira et al. (2007), para estimá-los, por espécies, pode-se utilizar as seguintes fórmulas:

$$DAi = \frac{ni}{A}$$

$$DRi = \frac{DAi}{DT} * 100$$

$$DT = \frac{N}{A}$$

Onde: DAi é densidade absoluta da i-ésima espécie (indivíduos/ha); DRi é densidade relativa (%) da i-ésima espécie; A é a área total amostrada (ha); DT é a densidade total (indivíduos/ha); N é o número total de indivíduos amostrados; ni é o número de indivíduos da i-ésima espécie.

$$FA = \frac{Ui}{Ut} * 100$$

$$FRi = \frac{FAi}{\sum_{i=1}^P FAi} * 100$$

Onde: FAi é frequência absoluta da i-ésima espécie; Ui é o número de unidades amostrais em que ocorreu a i-ésima espécie; Ut é o número total de unidades amostrais; FRi é a frequência relativa (%) da i-ésima espécie.

$$DoA = \frac{ABi}{A}$$

$$DoT = \frac{ABTi}{A}$$

$$DoRi = \frac{DoAi}{DoT} * 100$$

$$ABTi = \sum_{i=1}^S ABi$$

Onde: DoAi é a dominância absoluta da i-ésima espécie (m<sup>2</sup>/ha); ABi é a área basal da i-ésima espécie (m<sup>2</sup>); A é a área amostrada (ha); DoRi é a dominância relativa (%) da i-ésima espécie; ABTi é o somatório das áreas basais de todas as espécies (m<sup>2</sup>); DoT é a dominância total (m<sup>2</sup>/ha).

$$FA = \frac{Ui}{Ut} * 100$$

$$FRi = \frac{FAi}{\sum_{i=1}^P FAi} * 100$$

Onde: FAi é a frequência absoluta da i-ésima espécie na comunidade vegetal; FRi é a frequência relativa da i-ésima espécie na comunidade vegetal; Ui é o número de unidades amostrais em que a i-ésima espécie ocorre; Ut é o número total de unidades amostrais; P é o número de espécies amostradas.

### 5.3.2. Diversidade Florística

Para a análise da heterogeneidade foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H'), como proposto por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), conforme a seguinte expressão:

$$H' = - \sum_{i=1}^N pi * \ln pi$$



Onde:  $H'$  é o índice de diversidade de Shannon e Weaver (nats/indivíduo);  $p_i$  é a abundância relativa da espécie  $i$  na amostra e é calculado por:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Onde:  $n_i$  é o número de indivíduos da  $i$ -ésima espécie;  $N$  é o número total de indivíduos da amostra.

### 5.3.3. Distribuição Diâmetrica

Foram analisadas as distribuições de diâmetros dos indivíduos encontrados no Ombro, Meia Encosta e Sopé. Todos os intervalos das classes (IC) de diâmetros foram calculados de acordo com Spiegel (1976), onde o número de classes vazias é minimizado, de acordo com a seguinte fórmula:

$$IC = \frac{A}{NC} \qquad NC = 1 + 3,3 \log(n)$$

Onde:  $A$  é a amplitude (valor máximo – valor mínimo);  $NC$  é o número de classes e  $n$  o número de indivíduos.

Onde houve espécies com muito fuste, foi calculado o diâmetro equivalente, através da equação:

$$DE_{eq} = \sqrt{DAP_1^2 + DAP_2^2 + \dots + DAP_n^2}$$

No qual,  $DE_{eq}$  é o diâmetro equivalente da  $j$ -ésima árvore, em cm; e  $DAP_i$  é o diâmetro a 1,30 m do  $i$ -ésimo fuste, em cm.

### 5.3.4 Estrutura Vertical

A análise da estrutura vertical foi realizada através da distribuição dos indivíduos encontrados em três estratos de altura ( $h_j$ ), segundo o determinado por Souza e Leite (1993), e divididos em estrato inferior, médio e superior.

Estrato inferior é igual:

$$h_j < (h - 1 * S)$$

Estrato médio é igual:

$$(h - 1 * S) \leq h_j < (h + 1 * S)$$

Estrato superior é igual:

$$h_j \geq (h + 1 * S)$$

Onde  $h_j$  é altura total da  $j$ -ésima árvore individual;  $S$  é o desvio padrão das alturas totais e  $h$  é a média das alturas dos indivíduos amostrados.

#### 5.4. Resultados e Discussão

Dentro das parcelas, foram amostrados 788 indivíduos pertencentes a 20 espécies arbóreas (Anexo 2), distribuídos em sete famílias taxonômicas que produziram uma área basal total de 14,14 m<sup>2</sup>/ha. As famílias mais representativas em número de espécies foram Fabaceae (onze), Anacardiaceae (duas) e Myrtaceae (duas). Quatro famílias são representadas por uma única espécie (Anexo 2). As famílias com maior número de indivíduos são Anacardiaceae (365), Fabaceae (302) e Myrtaceae (60). O ombro foi representado por seis famílias e 17 espécies, totalizando 291 indivíduos e área basal de 4,92 m<sup>2</sup>/ha. As espécies com IVI mais representativos (Tabela 1) em relação ao número de indivíduos, foram *Schinus terebinthifolius* Raddi (143), *Cassia grandis* L.f. (39), *Genipa americana* L. (20) e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (20) indivíduos cada e *Erythrina velutina* Willd. (17). A Meia Encosta foi representada por cinco famílias e 14 espécies, totalizando 281 indivíduos que apresentam uma área basal de 4,93 m<sup>2</sup>/ha. Em relação as espécies com o maior IVI, *Schinus terebinthifolius* apresentou 108 indivíduos, seguida por *Cassia grandis* com 56 indivíduos, *Syzygium cumini* (L.) Skeels (30), *Lonchocarpus sericeus* (Pocr.) Kunth. (16 indivíduos) e *Enterolobium contortisiliquum* e *Inga vera* Willd. (15 indivíduos) cada. O sopé foi a parcela que apresentou o menor número de indivíduos (216), representado por quatro famílias e 16 espécies. Aquelas com maior IVI foram, *Schinus terebinthifolius* (109 indivíduos), *Cassia grandis* (35 indivíduos), *Enterolobium contortisiliquum* (14 indivíduos) e *Lonchocarpus sericeus* (9 indivíduos).

Tabela 1. Estimativas dos maiores valores de importância (VI) das espécies amostradas na área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, localizada no município de Laranjeiras – SE.

Espécies	IVI (%)
Ombro	
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	34,93
<i>Cassia grandis</i> L.f	13,19
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	7,64
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	7,6
<i>Genipa americana</i> L.	7,21
Meia Encosta	
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	28,8
<i>Cassia grandis</i> L.f	17,83
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	9,9
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Pocr.) Kunth.	8,52
<i>Inga vera</i> Willd.	7,76
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	5,82
Sopé	
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	36,08
<i>Cassia grandis</i> L.f	18,12
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Pocr.) Kunth.	8,67
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	7,68

O maior desenvolvimento de *Genipa americana* no Ombro pode estar associado às particularidades da família Rubiaceae, como propagação e tipos de dispersão, ou a sua necessidade por locais com boa luminosidade, uma vez que as parcelas do Ombro se encontram na porção mais alta da topossequência, o que favorece a incidência de raios solares. Já a alta presença no Sopé, 13 indivíduos, pode estar condicionada às altas taxas de umidade proporcionadas pelo acúmulo de matéria orgânica e influência da várzea, como visto no Artigo 1 deste trabalho (SANCHEZ et al. 1999).

Apesar da *Syzygium cumini* não ser uma espécie nativa do Brasil, foi encontrada um alto IVI para a área. Em levantamentos realizados por Guedes (1998) em Pernambuco, por Pereira e Alves (2007) na Paraíba e por Teixeira (2009) também apresentaram espécies exóticas, assim como a *Syzygium cumini*. Foi observado uma preferência para o desenvolvimento desta nas parcelas mais altas da topossequência, principalmente nas parcelas da Meia Encosta, porém apesar de possuir um IVI menor para o Ombro, ela também ocorreu. Esse maior desenvolvimento nesses sítios amostrais, segundo Fernandes et al. (2000), pode ser explicado pois *Syzygium cumini* é indicada para ambientes com maior disponibilidade de fósforo, o que está de acordo com os valores encontrados nas parcelas do Ombro e Meia Encosta, como visto no Artigo 1 deste trabalho.

A distribuição de *Schinus terebinthifolius*, *Cassia grandis* e *Enterolobium contortisiliquum* por toda a topossequência, não apresentando preferência por nenhuma posição topográfica nem quanto às características químicas do solo. Segundo Lima et al. (2010), este comportamento pode estar associado às habilidades de adaptação desta espécie aos diferentes fatores ambientais, como luz, água e temperatura, ao longo da topossequência. Como houve a instalação do reflorestamento misto em 2005 e *Schinus terebinthifolius* é uma espécie pioneira (OLIVEIRA-FILHO et al., 1995), com crescimento rápido e capacidade de suportar bem o excesso de sol, luz e calor, isso provavelmente influenciou o seu maior desenvolvimento na área.

*Schinus terebinthifolius* e *Enterolobium contortisiliquum*, são classificadas como decíduas (LORENZI, 2002), e esta deciduidade pode ter influenciado no aumento da fertilidade do solo, através de maior adição de matéria orgânica. Isto pode ser explicado pela caducifolia que durante determinadas épocas do ano, contribuiu para o aumento da matéria orgânica no solo. Quando a quantidade de matéria orgânica da área é comparada às do estudo de Marangon (1999), em uma topossequência em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa - MG, observa-se que a contribuição dessas espécies foi fundamental para o aumento da matéria orgânica, já que os teores não diferiram muito em relação ao apresentado no estudo (51,6 g/kg na baixada e encosta e 56,76 g/kg no topo, na camada de 0-20 cm). Porém, deve-se levar em conta também a contribuição de outras espécies que apresentaram altos valores de IVI, como por exemplo, a *Syzygium cumini* e *Genipa americana*.

Através dos resultados apresentados na Tabela 2, percebe-se que a abundância de indivíduos apresentou uma distribuição que variou do Ombro>Meia Encosta>Sopé, coincidindo com a sequência de drenagem do solo. No Ombro foi encontrado um maior número de indivíduos, com plantas maiores em altura e diâmetro.

A Meia Encosta apresentou 281 indivíduos, porém com plantas de menor porte em altura e diâmetro. Essa quantidade de indivíduos, apesar do menor diâmetro quando somados, foram responsáveis pela maior ocupação em área basal. Já o Sopé apresentou a menor quantidade de indivíduos (216), porém com altura e diâmetro à altura do peito com valores bem próximos da média. No entanto, a vegetação do Sopé foi responsável pelo menor recobrimento vegetal da área (4,29 m<sup>2</sup>/ha). Na avaliação dos resultados das análises químicas na topossequência, Artigo 1, verifica-se que a saturação por bases aumentou na sequência do Ombro>Meia Encosta>Sopé, indicando um possível aumento da fertilidade na topossequência. É comum que a fertilidade dos solos numa topossequência cresça do topo para a baixada, porém, isso não refletiu no aumento do número de indivíduos, o que pode ser

influência da várzea e alta do lençol freático, que podem ter proporcionado uma resistência radicular e seletividade de espécies, conforme proposto por Rodrigues (1999).

TABELA 2. Número de espécies (spp.) e de indivíduos (N); densidade absoluta (DA); valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP); valores médios de altura; área basal (AB); e índice de diversidade de Shannon e Weaver ( $H'$ ), na topossequência, da área de compensação ambiental da Votorantim Cimentos, localizada no município de Laranjeiras - SE.

Variável	Topossequência			Total
	Ombro	Meia Encosta	Sopé	
Spp.	17	14	16	20
N	291	281	216	788
DAP (cm)	8,6	8,1	8,4	8,38
Altura (m)	6,75	6,53	6,73	6,67
DA (ind/ha)	485,0	468,3	360,0	437,7
AB (m <sup>2</sup> /ha)	4,92	4,93	4,29	14,14
$H'$	1,85	1,96	1,77	---

Com relação ao índice de diversidade de Shannon e Weaver, no Ombro, que foi caracterizado por possuir a menor fertilidade, ocorreu uma diversidade intermediária, com uma quantidade de indivíduos superior ao encontrados na Meia Encosta e bem superior aos encontrados no Sopé, apresentando também as maiores médias de altura e DAP. Na Meia Encosta, caracterizada como de fertilidade intermediária, ocorreu a maior diversidade, porém com as menores médias de altura e DAP. O Sopé apresentou o menor valor de diversidade, porém com valores médios de altura e DAP, que não conseguiram representar uma maior área basal. Essa menor diversidade no Sopé pode ser um indicativo da dominância de espécies mais exigentes em fertilidade (FEITOSA, 2004). Nos trabalhos de Borém e Oliveira-Filho (2002) no Rio de Janeiro, e Feitosa (2004) em Pernambuco, ambos tratando do estudo fitossociológico de remanescentes de Mata Atlântica em uma topossequência, o Sopé também apresentou o menor número de espécies, assim como o menor índice de diversidade, e indicaram que esta posição topográfica é a que mais sofre com perturbações e influências do relevo. Isto está de acordo com Guedes (1988), que afirma que a baixa diversidade está associada a características pedológicas e perturbações antrópicas.

Souza et al. (2015) afirmam ainda que estes resultados refletem as diferentes condições ambientais existentes entre os setores, uma vez que a posição topográfica pode sintetizar um conjunto de variáveis ambientais que variam em função do relevo. O Sopé, por ser tratar de uma zona de influência da várzea, pode proporcionar uma baixa disponibilidade de oxigênio durante as épocas de cheia, proporcionando seletividade, menor diversidade e maior dominância ecológica (SILVA et al. 2012). O Ombro, apesar de ser a posição topográfica que apresentou os indivíduos com as maiores alturas e os maiores diâmetros, não refletiu sobre a área basal ocupada, que foi inferior à da Meia Encosta.

Segundo Pires-O'Brien e O'Brien (1995), a estrutura florestal pode ser explicada pela distribuição diamétrica, e essa distribuição define-se pela caracterização do número de árvores por unidade de área inseridas nos intervalos de classes de diâmetros.

Foi realizada a análise da ocupação horizontal da área de reflorestamento misto, através da distribuição dos diâmetros. De maneira geral, o menor diâmetro obtido foi de 4,77 cm em cinco indivíduos, três indivíduos de *Schinus terebinthifolius* e dois de *Cassia grandis* distribuídos ao longo da topossequência. O maior diâmetro (29,6 cm) foi encontrado em um

indivíduo de *Erythrina velutina*, localizado na Meia Encosta. Observando o gráfico (Figura 5) em conjunto, percebe-se que a distribuição diamétrica dos indivíduos amostrados no Ombro, Meia Encosta e Sopé, demonstrou uma tendência decrescente a partir das classes menores, mostrando um modelo de curva de J-reverso. Souza (2000) e Medeiros (2004), afirmam que essa tendência decrescente das classes de diâmetro indica o processo de regeneração, havendo predominância, na primeira classe diamétrica, aponta que o processo regenerativo está no início.

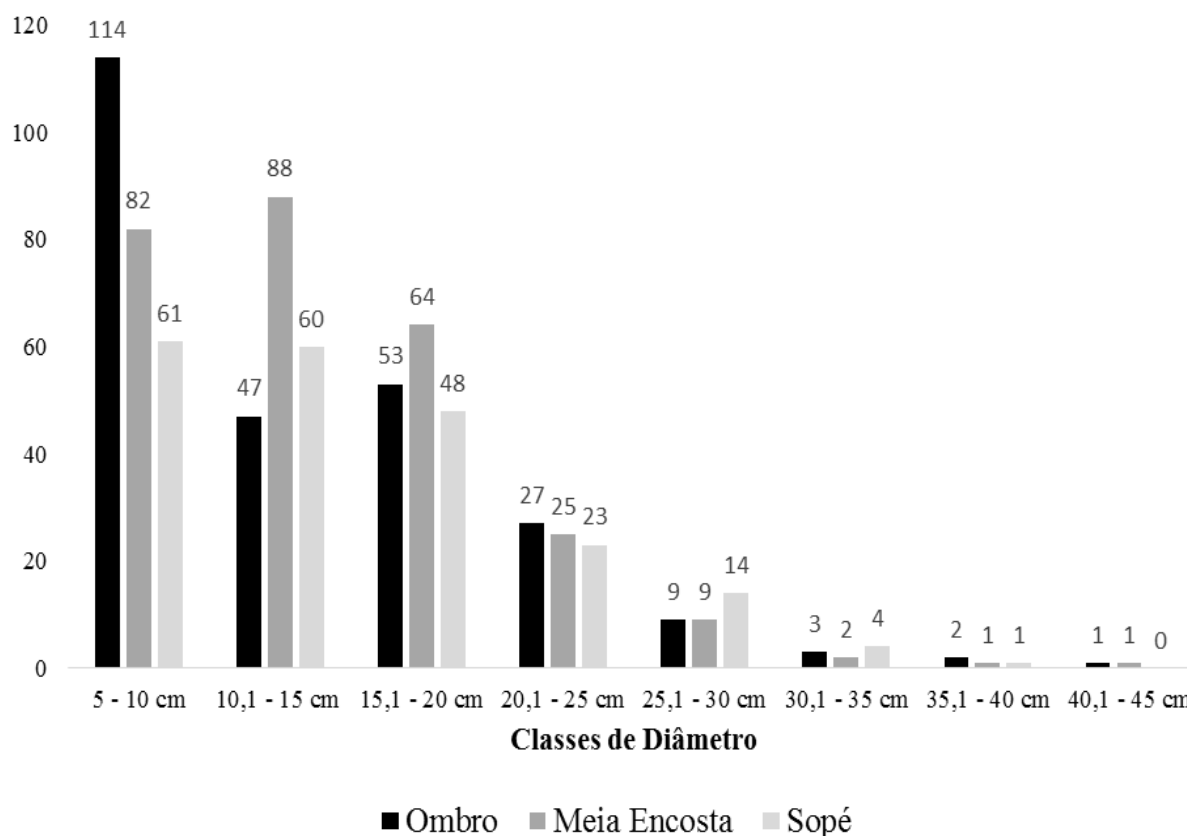


Figura 5. Distribuição diamétrica da área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE, para área relativa ao Ombro, Meia Encosta e Sopé, expressa em número de indivíduos por hectare por classes de diâmetro, com amplitude de classe de 5 cm, a primeira classe iniciando em 5 cm, fechadas a esquerda.

Verificou-se que a quantidade de indivíduos diminui com o acréscimo no tamanho da classe diamétrica, o que determinou o padrão de distribuição diamétrica para todos os indivíduos. O Ombro foi a área que apresentou maior frequência nas classes de diâmetro menores. A Meia Encosta e o Sopé apresentaram valores semelhantes entre si quando analisadas as diferentes classes de diâmetro, exceto na classe de diâmetro 5 (25 – 30 cm), onde o Sopé possui os maiores valores de indivíduos entre os três sítios amostrais, devido ao alto DAP de espécies de *Schinus terebinthifolius* e *Cassia grandis* e há maior concentração de indivíduos de menores diâmetros no terço superior do que nos outros ambientes, nas classes diamétricas maiores os indivíduos do Sopé têm presença considerável. Isso pode ter ocorrido, devido a maior competição nas parcelas localizadas no Ombro e a menor competição nas parcelas localizadas no Sopé, já que Ombro apresentou a maior quantidade de indivíduos e Sopé a menor.

Percebe-se também a grande quantidade de indivíduos localizados nas duas primeiras classes diamétricas, para Ombro, Meia Encosta e Sopé, ressaltando-se que, a partir da sexta classe diamétrica (30 – 35 cm), o número de indivíduos presentes restringe-se a apenas algumas árvores em toda a topossequência.

Segundo Borém e Oliveira-Filho. (2002), tais resultados demonstram que mesmo a floresta estando em sucessão, a composição florística é bastante variável e influenciada pelo meio abiótico (topografia, solos).

Quanto à estrutura vertical, nas três áreas de estudo (Ombro, Meia Encosta e Sopé) (Figura 6), a distribuição dos indivíduos por altura foi heterogênea, com maior concentração de indivíduos no estrato médio do que no inferior e superior. Porém, a metodologia empregada neste estudo não considerou os indivíduos com DAP menor que cinco centímetros e altura menor do que 1,3 m, reduzindo assim a densidade de indivíduos do estrato inferior.

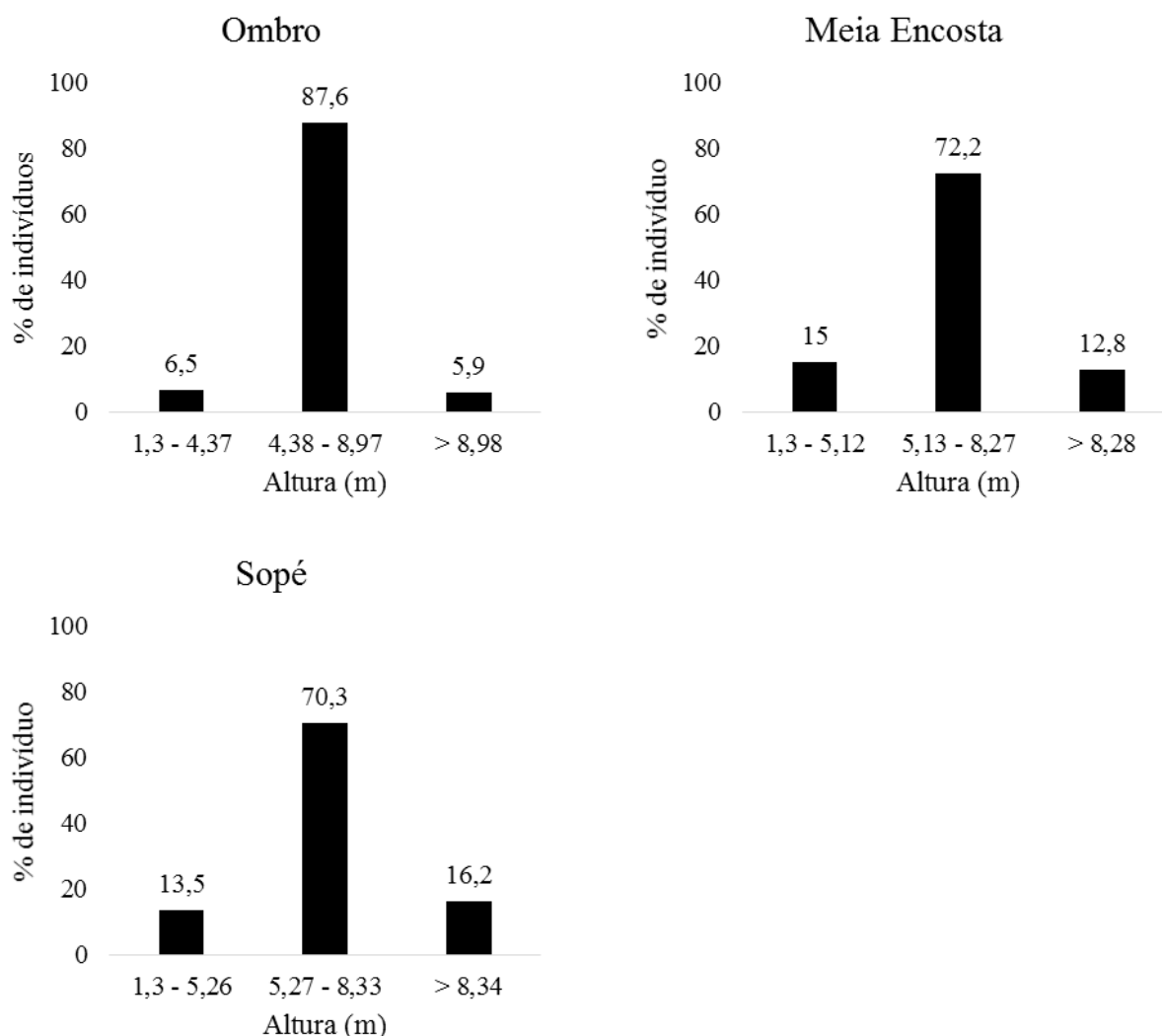


Figura 6. Estrutura vertical da área de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, no município de Laranjeiras - SE, para área relativa ao Ombro, Meia Encosta e Sopé, expressa em porcentagem de indivíduos por classes de altura, com amplitude de classe iniciando em 1,5 m, fechadas a esquerda.

No Ombro, o estrato inferior foi caracterizado por indivíduos com altura inferior a 4,37 m, o estrato médio por indivíduos com altura entre 4,38 e 8,97 m e o superior por

indivíduos com mais de 8,98 m. As espécies que apresentaram maior número de indivíduos para o estrato inferior foram: *Erythrina velutina* (8), *Schinus terebinthifolius* (4); no estrato médio: *Schinus terebinthifolius* (126), *Cassia grandis* (33); no estrato superior: *Cassia grandis* (5), *Schinus terebinthifolius* (4). Estes resultados quando comparados com as espécies de maior IVI, confirmam a importância dessas espécies na estrutura desta comunidade, com maior número de indivíduos e melhor distribuídos em todos os estratos. Quando analisados os estratos de maneira geral, não foram observadas espécies exclusivas a determinado estrato. A menor altura (2,83 m) foi encontrada em um indivíduo de *Erythrina velutina* localizado no Ombro, já a maior altura (48,5 m) foi observada em um indivíduo de *Genipa americana* também localizado no Ombro. Tais valores diferem e muito da média de altura dos indivíduos da área que foi de 6,71 m.

Na Meia Encosta os indivíduos do estrato inferior apresentaram altura menor que 5,12 m, o estrato médio apresentou indivíduos entre 5,13 e 8,27 m e o estrato superior apresentou indivíduos maiores que 8,28 m. As espécies com maior número de indivíduos foram: *Schinus terebinthifolius* (15) e *Psidium guajava* L. (8) no estrato inferior; *Schinus terebinthifolius* (82) e *Syzygium cumini* (L.) Skeels (27) no médio; *Cassia grandis* (20) e *Schinus terebinthifolius* (6) no estrato superior. Tais resultados quando comparados com as espécies de maior IVI para a Meia Encosta, comprovam a importância dessas espécies na composição da comunidade, com maior número de indivíduos e maior distribuição ao longo dos estratos. O indivíduo de menor altura (3,2 m) foi *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P. Queiroz e o de maior altura (12 m) foi um de *Cassia grandis*.

Para o Sopé, o estrato inferior apresentou indivíduos arbóreos com menos de 5,26 m de altura, o estrato médio indivíduos de 5,27 a 8,33 m e o estrato superior indivíduos maiores que 8,34 m. A maior quantidade de indivíduos foi amostrada no estrato médio, seguido pelo estrato superior e inferior. Os indivíduos mais representativos foram: *Schinus terebinthifolius* (9) e *Enterolobium contortisiliquum* (4) no estrato inferior; *Schinus terebinthifolius* (93) e *Cassia grandis* (14) no médio; *Cassia grandis* (21) e *Schinus terebinthifolius* (5) no estrato superior. A espécie amostrada na área com maior altura foi *Cassia grandis* (11 m) e a de menor altura foi *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (3,4 m).

Nas três áreas estudadas, não foi observado preferência de espécies arbóreas por estratos específicos, o que segundo Scolforo (1998) não compromete a sobrevivência das mesmas, justamente por contar com indivíduos presentes em todos os estratos da floresta. A menor quantidade de indivíduos nos estratos inferiores pode indicar que não ocorre regeneração, porém esses dados podem ter sido influenciados pela metodologia utilizada.

## 5.5. Conclusões

A topografia representa uma importante fonte de variação do componente arbóreo, influenciando na distribuição das espécies, na diversidade e na representatividade.

Enquanto o Sopé apresentou menor diversidade, no Ombro e na Meia Encosta ocorreram os maiores valores de diversidade, indicando que ao longo da topossequência ocorrem variações ambientais que influenciam os processos de instalação e desenvolvimento das espécies.

No estudo fitossociológico e florístico houve preferência das espécies nos ambientes distintos da topossequência, assim como *Cassia grandis* e *Schinus terebinthifolius* foram indiferentes e apareceram em qualquer ponto do relevo.

Na análise diamétrica dos três sítios amostrais houve maior número de indivíduos nas duas primeiras classes de diâmetro, o que indica que o processo regenerativo está instalado nas áreas.

## 5.6. Referências Bibliográficas

BOMFIM, L.F.C.; COSTA, I.V.G. da; BENVENUTI, S.M.P. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. **Diagnóstico do Município de Laranjeiras**. Aracaju: CPRM, 2002. p.25.

BOREM, R.A.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Fitossociologia do estrato arbóreo em uma topossequência alterada de mata atlântica, no município de Silva Jardim – RJ, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.727-742, 2002.

BRITO, L.F.; SOUZA, Z.M; MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAZETTA, D.A; CALZAVARA, S.A.; OLIVEIRA, L. Influência de formas do relevo em atributos físicos de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v.36, n.6, p.1749-1755, 2006.

BUI, E.N.; LOUGHEAD, A.; CORNER, R. Extracting soil-landform rules from previous soil surveys. **Australian Journal of Soil Research**. Melbourne, v.37, p.495-508, 1999.

CIENTEC-Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda. **Mata nativa**: sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas. São Paulo, 2002.

CORREIA, C.O. **Sergipe Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos**. Versão 1.1. Departamento de Administração e Controle de Recursos Hídricos, Coordenadoria de Informações sobre Recursos Hídricos, Sergipe, 2004.

FEITOSA, A.A.N. **Diversidade de espécies florestais arbóreas associadas ao solo em topossequência de um fragmento de mata atlântica de Pernambuco**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2004.

FELFILI, J.M.; NOGUEIRA, P.E.; SILVA JÚNIOR, M.C.; MARIMOM, B.S.; DELITTI, W.B.C. Composição florística e fitossociológica do cerrado sentido restrito no município de Água Boa – MT. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v.16, n.1, p.103-112, 2002.

FERREIRA, R.A.; RIBEIRO, G.T.; GOMES, L.J.; MESQUITA, J.B.; PEDROTTI, A. **Restauração de áreas de compensação da Cimento Sergipe S.A. (CIMESA)**. Relatório Técnico Final, São Cristovão, 2011. 50 p.

GUEDES, M.L.S. A vegetação fanerogâmica da Rserva Ecológica de Dois Irmãos. In: MACHADO, I.C.; LOPES, A.V.; PÔRTO, K.C. (Org.). **Reserva Ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de mata atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil)**. Recife, EDUFPE, 1998. p.157-172.

IPPOLITI, R.G.A.; COSTA, L.M.; SHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; GAGGERO, M.R. Análise digital do terreno: Ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de "Mar de Morros" (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, n.2, p.269-276, 2005.

KUPPER, A. Recuperação vegetal com espécies nativas. **Silvicultura**, São Paulo, v.15, n.58, p.38-41, 1994.



LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, ed.3, 1996. 84p.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, p.59- 68, 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. ed. 4. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002. v.1 p. 368.

MARANGON, L.C. **Florística e fitossociologia de área de floresta estacional semidecidual visando dinâmica de espécies florestais arbóreas no município de Viçosa, MG**. 1999, p.135. Tese de Doutorado (Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

MARTINS, F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Editora da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991. p.246.

MATTEUCCI, S.D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: The Genral Secretarial of the Organization of American States, 1982. p.167.

MEDEIROS, R.A. **Dinâmica de sucessão secundária em floresta de transição na Amazônia Meridional**. 2004. 102f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós graduação em Agricultura Tropical, Mato Grosso, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

MOREIRA, A.R.P.; PRAXEDES, A.R.; MARACAJA, P.B.; GUERRA, A.M.N.M.; FILHO, F.A.S.; PEREIRA, T.F.C. Composição florística e análise fitosociológica arbustivo arbóreo no município de Caraúbas-RN. **Revista Verde**, Mossoró. v.2, n.1, p.113-126, 2007.

MORO, M.F.; MARTINS, F.R. Métodos de levantamento do componente arbustivo-arbóreo. In: FELFILI, J.M.; MEIRA NETO, J.A.A. (Org.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa. v.1, p. 174-212. 2011.

MOURA, M.A. **Análise da vegetação em área de recuperação da mata atlântica, no município de Laranjeiras, SE**. Relatório do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014. 23 p.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons; 1974.

OLIVEIRA, I.J. Chapadões descerrados: relações entre vegetação, relevo e uso das terras em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 34, n. 2, p. 311-336, 2014.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A.; GAVILANES, M.L. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de matas ciliares do alto e médio rio Grande**. Belo Horizonte, UFLA – CEMIG, 1995. p.27.

PEREIRA, M.A.; ALVES, R.R.N; Composição Florística de um remanescente de Mata Atlântica na Área de Proteção Ambiental Barra do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, São Cristóvão, v.7, n.1, p.1- 10. 2007.

PIRES-O'BRIEN, M.J.; O'BRIEN, C.M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. FCAP, Belém, 1995. p.400.

REATTO, A.; COREIA, J.R.; SPERA, S.T.; MARTINS, E.S. **Solos do bioma cerrado: aspectos**. In: SANO, S.M. (ORG.). Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008, p.107-149.

RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A.; LANI, J.L. **Características do solo e da paisagem que influenciam a susceptibilidade à erosão**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Campinas, Anais Fundação Cargill, 1992. p.32-67.

RODRIGUES, R.R. **A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno**. Circular técnica IPEF n.189, 1999.

SANCHEZ, R.B.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G.T.; MARTINS FILHO, M.V. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.1095-1103, 2009.

SANTOS, R.A.; MARTINS, A.A.M; NEVES, J.P.N.; LEAL, R.A. **Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe**. Brasília, CPRM / CODISE. 1998.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 448 p.

SILVA, A.C.; HIGUCHI, P.; VAN DEN BERG, E.; NUNES, M.H.; CARVALHO, D.A. **Florestas inundáveis: ecologia, florística e adaptação das espécies**. Lavras: Ed. UFLA. 2012. p.167.

SOUZA, F.M. **Estrutura e Dinâmica do Estrato Arbóreo e da Regeneração Natural em Áreas Restauradas**. 2000. 69f. Dissertação de mestrado (Programa de Pós graduação em Ciências Florestais), ESALQ, Piracicaba, 2000.

SOUZA, A.L., LEITE, H.G. **Regulação e produção em florestas inequiduais**. Viçosa: UFV, 1993. 18p.

SOUZA, K.; SOUZA, C.C.; ROSA, M.G.; CRUZ, A.P.; LIMA, C.L.; SILVA, J.O.; LAZZARIN, L.C.; LOEBENS, R.; DIAS, R.A.R.; SILVA, A.C.; HIGUCHI, P.; SCHIMALSKI, M.B. Estrutura e estratégias de dispersão do componente arbóreo de uma floresta subtropical ao longo de uma topossequência no Alto-Uruguai. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.43, n.106, p.321-332, 2015.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976. 357 p.

TEIXEIRA, L.J. **Fitosociologia e Florística do Componente Arbóreo em Topossequência na Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco**. 2009. 79f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciências Florestais), UFRPE, Recife, 2009.

VELLOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. p.123.

## ANEXOS

ANEXO 1. Espécies arbóreas utilizadas no Projeto de Compensação Ambiental das áreas de Reserva Legal da Votorantim Cimentos, em Laranjeiras - SE. Grupo Ecológico (GE): P – pioneira; CL – clímax exigente em luz; CS – clímax tolerante à sombra (Fonte: OLIVEIRA-FILHO et al., 1995).

Nº	Nome Vulgar	Nome Científico	Família	GE
1	Aroeira	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Anacardiaceae	P
2	Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Mart.	Urticaceae	P
3	Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	P
4	Pau – pombo	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	P
5	Pau – de – leite	<i>Himatanthus obovatus</i> (Müll. Arg.) Woodson	Apocynaceae	P
6	Angico	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	Fabaceae	CL
7	Barriguda	<i>Chorisia glaziovii</i> (Kuntze) E. Santos	Malvaceae	CL
8	Biriba	<i>Eischweilera ovata</i> (Cambess.) Miers.	Lecythidaceae	CL
9	Cajá	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	CL
10	Canafístula	<i>Cassia grandis</i> L.	Fabaceae	CL
11	Camboatá	<i>Cupania revoluta</i> Radlk.	Sapindaceae	CL
12	Cedro	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	CL
13	Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook. ex S. Moore	Bignoniaceae	CL
14	Jenipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	CL
15	Falso Ingá	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Pocr.) Kunth.	Fabaceae	CL
16	Ingá	<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	CL
17	Ipê – amarelo	<i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart. ex DC.) Sandl.	Bignoniaceae	CL
18	Ipê – roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	CL
19	Maria preta	<i>Vitex polygama</i> Cham.	Verbenaceae	CL
20	Mau – vizinho	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	Fabaceae	CL
21	Mulungu	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	Fabaceae	CL
22	Pau – ferro	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P. Queiroz	Fabaceae	CL
23	Sucupira	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae	CL
24	Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	Fabaceae	CL
25	Amescla	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	Burseraceae	CS
26	Araticum	<i>Annona cacans</i> Warm.	Annonaceae	CS
27	Guaçatonga	<i>Casearia sylvestris</i> Swartz	Salicaceae	CS
28	Ingazinho	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd	Fabaceae	CS
29	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	CS
30	Pau – brasil	<i>Caesalpinia echinata</i> Lam.	Fabaceae	CS
31	Pindaíba	<i>Xilopia brasiliensis</i> Spreng.	Annonaceae	CS

Fonte: FERREIRA et al. (2011).

ANEXO 2. Espécies e indivíduos identificados no ano de 2014 na área do Projeto de Compensação Ambiental da Votorantim Cimentos, em Laranjeiras - SE. Grupo Ecológico (GE): P – pioneira; CL – clímax exigente em luz; CS – clímax tolerante à sombra (Fonte: OLIVEIRA-FILHO et al., 1995).

Família	Nº	Nome Vulgar	Nome Científico	Nº de Indivíduos	GE	Origem
Anacardiaceae	1	Aroreira	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	360	P	Nativa
	2	Cajá	<i>Spondias mombin</i> L.	3	CL	Nativa
	3	Pau – Pombo	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	5	CL	Nativa
Bignoniaceae	4	Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i> (Manso) Benth. & Hook. F. ex. s. Moore	2	CL	Nativa
Fabaceae	5	Angico	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	7	CL	Nativa
	6	Canafístula	<i>Cassia grandis</i> L.f.	130	CL	Nativa
	7	Falso – Ingá	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Pocr.) Kunth.	33	CL	Nativa
	8	Ingazinho	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	1	CS	Nativa
	9	Ingá	<i>Inga vera</i> Willd.	35	CL	Nativa
	10	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	CS	Nativa
	11	Mata Fome	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	1	CS	Exótica
	12	Mau – vizinho	<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	2	CL	Nativa
	13	Mulungu	<i>Erythrina velutina</i> Willd.	29	CL	Nativa
	14	Pau – ferro	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>leiostachya</i> (Benth.) L.P.Queiroz	14	CL	Nativa
	15	Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	49	CL	Nativa
Malvaceae	16	Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	10	P	Nativa
Myrtaceae	17	Goiabeira	<i>Psidium guajava</i> L	17	CL	Nativa
	18	Jamelão	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	43	CL	Exótica
Rubiaceae	19	Jenipapo	<i>Genipa americana</i> L.	43	CL	Nativa
Sapindaceae	20	Saboneteira	<i>Sapindus saponaria</i> L.	3	CS	Nativa

Fonte: Adaptado de Moura (2014).